

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:

ELECTRICIDAD

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA

AUTOR: José Carlos Escolano Marín

DIRECTOR: Antonio Montañés Espinosa.

CONVOCATORIA: Junio 2010

A mi hermana y a mi padre, que siempre han estado ahí para ayudarme en todo lo que han podido, y a mi madre que seguro que estaría muy orgullosa de su hijo.

A mi cuñado, por todo el apoyo y la ayuda que me ha prestado sin esperar nada a cambio y que espero algún día devolver.

A todos mis compañeros, con quien tantos buenos ratos he pasado y que siempre recordaré.

Y a mi novia, que ha sabido estar ahí en los momentos difíciles, entendiéndome, motivándome dándome lo que toda persona necesita, amor, cariño y comprensión.

A todos ellos, porque sin su ayuda no habría sido posible.

**1.-MEMORIA DEL PROYECTO**

| | |
|--|-----------|
| 1.1.-Objetivo del proyecto | 1 |
| 1.2.-Situación y emplazamiento | 1 |
| 1.3.-Antecedentes | 1 |
| 1.4.-Consideraciones iniciales del estudio | 2 |
| 1.4.1.-Conexión a la red..... | 2 |
| 1.4.2.-Potencia de la central | 3 |
| 1.4.3.-Configuraciones en estudio | 4 |
| 1.4.4.-Metodología de diseño..... | 5 |
| 1.5.-Descripción y diseño de la instalación | 6 |
| 1.5.1.-Central generadora | 6 |
| 1.5.1.1.-Elementos principales de la instalación | 6 |
| 1.5.1.2.-Composición generador fotovoltaico | 7 |
| 1.5.1.3.-Estructura de montaje | 10 |
| 1.5.1.3.1.-Sub-generador 1 | 10 |
| 1.5.1.3.2.-Sub-generador 2 | 16 |
| 1.5.1.4.-Estructura eléctrica..... | 19 |
| 1.5.1.4.1.-Instalación de corriente continua..... | 19 |
| 1.5.1.4.2.-Instalación de corriente alterna | 28 |
| 1.5.1.5.-Red de tierras | 32 |
| 1.5.2.-Red subterránea de baja tensión..... | 33 |
| 1.5.2.1.-Descripción general | 33 |
| 1.5.2.2.-Características de la instalación | 33 |
| 1.6.-Red de media tensión | 34 |
| 1.6.1.-Centro de transformación prefabricado compacto | 34 |
| 1.6.1.1.-Análisis previo | 34 |
| 1.6.1.2.-Descripción general | 35 |



| | |
|---|-----------|
| 1.6.1.3.-Características del centro de transformación | 36 |
| 1.6.1.3.1.-Características constructivas..... | 36 |
| 1.6.1.3.2.-Características eléctricas | 39 |
| 1.6.1.3.2.1.-Características de la red de alimentación | 39 |
| 1.6.1.3.2.2.-Aparamenta de media tensión | 40 |
| 1.6.1.3.2.3.-Transformador..... | 44 |
| 1.6.1.3.2.4.-Cuadro de baja tensión | 45 |
| 1.6.1.3.2.5.-Material vario de media y baja tensión | 47 |
| 1.6.1.3.2.6.-Puesta a tierra..... | 47 |
| 1.6.1.3.2.6.1.-Puesta a tierra de protección | 48 |
| 1.6.1.3.2.6.2.-Puesta a tierra de servicio..... | 49 |
| 1.6.2.-Línea subterránea media tensión | 50 |
| 1.6.2.1.-Descripción general..... | 50 |
| 1.6.2.2.-Elementos de la instalación..... | 50 |
| 1.6.3.-Línea aérea de media tensión | 52 |
| 1.6.3.1.-Descripción general de la instalación | 52 |
| 1.6.3.2.-Elementos de la instalación | 52 |
| 1.6.3.2.1.-Conductor..... | 52 |
| 1.6.3.2.2.-Apoyo | 53 |
| 1.6.3.2.3.-Elementos de aislamiento | 53 |
| 1.6.3.2.4.-Aparamenta..... | 54 |
| 1.6.3.2.5.-Cimentación | 58 |
| 1.6.3.2.6.-Toma de tierra | 58 |
| 1.6.3.2.7.-Distancia de seguridad..... | 58 |
| 1.6.3.2.7.1.-Distancia entre conductores..... | 60 |
| 1.6.3.2.7.2.-Distancia al terreno | 62 |
| 1.6.3.2.7.3.-Distancia de aislamiento | 62 |



| | |
|---|-----|
| 2.-ESTUDIO DE PRODUCCIÓN | 64 |
| 2.1.-Datos de radiación | 64 |
| 2.2.-Calculo de Ratios de funcionamiento | 65 |
| 2.3.-Calculo de Performance ratio | 69 |
| 2.4.-Producción de la instalación | 72 |
| 3.-PRESUPUESTO | |
| 3.1.-Subgenerador 1 | 76 |
| 3.2.-Subgenerador 2 | 95 |
| 3.3.-Resumen de presupuesto | 113 |
| 4.-ESTUDIO ECONÓMICO | 115 |
| 4.1.-Inversión y fuentes de financiación | 115 |
| 4.2.-Ingresos y costes | 119 |
| 4.2.1.-Costes | 119 |
| 4.2.1.1.-Costes directos | 119 |
| 4.2.1.2.-Costes indirectos | 120 |
| 4.2.2.-Ingresos | 120 |
| 4.2.3.-Cuadro de balances económicos | 121 |
| 4.3.-Evaluación de la rentabilidad | 126 |
| 4.4.-Análisis de sensibilidad | 130 |
| 4.4.1.-Variación del tipo de interés | 130 |
| 4.4.2.-Variación del IPC | 131 |
| 4.4.3.-Variación del rendimiento global de la instalación | 131 |
| 4.4.4.-Variación de la tasa de actualización | 132 |
| 4.5.-Resultados de análisis de rentabilidad | 132 |
| 5.-CONCLUSIONES | 134 |
| 6.-BIBLIOGRAFIA | 136 |
| 6.1.-Disposiciones generales y normas aplicadas | 136 |



| | |
|--|------------|
| 6.2.-Libros y manuales | 137 |
| 6.3.-Programas de cálculo..... | 137 |
| 6.4.-Paginas de internet consultadas | 138 |
| ANEXO I.-CÁLCULOS | |
| 1.-Introducción | 139 |
| 2.-Dimensionado generador fotovoltaico..... | 139 |
| 2.1.-Rango de tensiones admisibles | 139 |
| 2.2.-Nº máximo de módulos conectados en serie por rama..... | 139 |
| 2.3.-Nº mínimo de módulos conectados en serie por rama..... | 143 |
| 2.4.-Nº máximo de ramas conectadas en paralelo..... | 145 |
| 2.5.-Elección de la configuración | 147 |
| 2.6.-Estructura de montaje..... | 147 |
| 2.6.1.-Estructura de montaje Sub-generador 1 | 147 |
| 2.6.1.1.-Dimensiones de la estructura | 147 |
| 2.6.1.2.-Orientación e inclinación óptima..... | 149 |
| 2.6.1.3.-Distancia mínima entre filas de módulos | 151 |
| 2.6.1.4.-Cimentación de la estructura | 156 |
| 2.6.2.-Estructura de montaje Sub-generador 2..... | 160 |
| 2.6.2.1.-Dimensiones del seguidor | 160 |
| 2.6.2.2.-Separación entre seguidores..... | 162 |
| 2.6.2.3.-Cimentación de los seguidores..... | 164 |
| 2.7.-Cálculos en baja tensión | 170 |
| 2.7.1.-Fórmulas generales | 170 |
| 2.7.2.-Cableado de corriente continua | 171 |
| 2.7.3.-Cableado de corriente alterna..... | 179 |
| 2.7.4.-Elección de las protecciones de baja tensión | 181 |
| 2.7.4.1.-Protección líneas de corriente continua..... | 181 |



| | |
|--|------------|
| 2.7.4.2.-Protección línea de corriente alterna | 183 |
| 2.7.5.-Red de tierras del sub-generador | 185 |
| 3.-Red subterránea de baja tensión | 187 |
| 4.-Centro de transformación | 188 |
| 4.1.-Características | 188 |
| 4.2.-Cálculos eléctricos | 189 |
| 4.2.1.-Intensidad de media tensión | 189 |
| 4.2.2.-Intensidad de baja tensión | 190 |
| 4.2.3.-Cálculo de las intensidades de cortocircuito | 190 |
| 4.2.4.-Dimensionado del embarrado | 192 |
| 4.2.5.-Comprobación de densidad de corriente | 192 |
| 4.2.6.-Comprobación por sollicitación electrodinámica | 192 |
| 4.2.7.-Comprobación por sollicitación térmica | 192 |
| 4.2.8.-Protección contra sobrecargas y cortocircuitos | 193 |
| 4.2.9.-Dimensionado de la ventilación del transformador | 195 |
| 4.2.10.-Dimensionado del pozo apagafuegos | 195 |
| 4.2.11.-Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra | 195 |
| 4.2.11.1.-Investigación de las características del suelo | 195 |
| 4.2.11.2.-Determinación de las Cmax de puesta a tierra | 196 |
| 4.2.11.3.-Cálculo de la resistencia del sistema tierra | 197 |
| 4.2.11.4.-Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación | 201 |
| 4.2.11.5.-Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación | 202 |
| 4.2.11.6.-Cálculo de las tensiones aplicadas | 202 |
| 4.2.11.7.-Tensiones transferibles al exterior | 204 |
| 4.2.11.8.-Corrección y ajuste del diseño inicial | 205 |
| 5.-Línea subterránea de media tensión | 206 |



| | |
|---|------------|
| 5.1.-Características generales | 206 |
| 5.2.-Cálculos eléctricos | 206 |
| 6.-Red aérea de media tensión | 208 |
| 6.1.-Cálculos eléctricos | 208 |
| 6.2.-Cálculo mecánico de la línea aérea | 212 |
| 6.2.1.-Cálculo mecánico de conductores | 212 |
| 6.2.2.-Distancias de seguridad | 214 |
| 6.2.3.-Cálculo mecánico de apoyos | 215 |
| 6.2.4.-Cálculo de la cimentación | 215 |

ANEXO II.- ESQUEMAS

| | |
|--|-----|
| Esquema 01.-Situación | 216 |
| Esquema 02.-Emplazamiento | 217 |
| Esquema 03.-Disposición generador solar fotovoltaico | 218 |
| Esquema 04.-Disposición Sub-generador 1 | 219 |
| Esquema 05.-Disposición Sub-generador 2 | 220 |
| Esquema 06.- Conexión Sub-generador 1 | 221 |
| Esquema 07.- Conexión Sub-generador 2 | 222 |
| Esquema 08.-Conexión a red generador solar | 223 |
| Esquema 09.-Conexionado módulos Sub-generador 1 | 224 |
| Esquema 10.- Conexionado módulos Sub-generador 2 | 225 |
| Esquema 11.-Cuadro de grupo Sub-generador 1 | 226 |
| Esquema 12.-Cuadro de grupo Sub-generador 2 | 227 |
| Esquema 13.-Cuadro general Sub-generadores lado DC | 228 |
| Esquema 14.-CGP-Medida y Protección | 229 |
| Esquema 15.- Zanjas B.T. campo generador | 230 |
| Esquema 16.-Zanja Red Subterránea de B.T. | 231 |
| Esquema 17.-Centro de Transformación | 232 |



| | |
|--|-----|
| Esquema 18.-Tierras Centro de Transformación. | 233 |
| Esquema 19.- Zanja Línea Subterránea M.T. | 234 |
| Esquema 20.-Conversión aéreo-Subterráneo..... | 235 |
| Esquema 21.-Cadena de aislamiento L.A.M.T..... | 236 |
| Esquema 22.-Estructura Sub-generador 1..... | 237 |
| Esquema 23.-Estructura Sub-generador 2..... | 238 |
| Esquema 24.-Cimentación estructura Sub-generador 1 | 239 |
| Esquema 25.-Unifilar Media Tensión | 240 |

ANEXO III.-MATERIALES Y EQUIPOS

1.-MEMORIA



1.1.- OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo del presente proyecto es analizar la viabilidad de la implantación de una central fotovoltaica de una potencia de 100 kW, en un emplazamiento concreto.

Se estudiará el mejor sistema de implantación teniendo en cuenta criterios tanto económicos como técnicos que puedan permitir la ejecución de las instalaciones, en el caso de que alguna de las posibles variantes que posteriormente se expondrá sea rentable.

1.2.- SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El terreno en estudio se encuentra situado en el polígono 21, parcela 29 del Término Municipal de Arándiga, municipio perteneciente a la Comarca de Calatayud, en la Comunidad Autónoma de Aragón.

El acceso al terreno se realiza directamente desde la carretera A-2302, a 0,860 Km. del término del municipio, dirección Mesones de Isuela.

1.3.- ANTECEDENTES

El terreno en estudio es de carácter agrario, destinado a pastos y labor en general. Posee una superficie total de 1,0647 hectáreas.

Por las inmediaciones, transcurre una línea de Media Tensión de la compañía distribuidora ERZ Endesa, de una tensión de 15 kV. Por la situación de la parcela, ésta es la única vía posible de evacuación de la energía y, por consiguiente, el punto de conexión para nuestra central fotovoltaica.

Cabe destacar el interés puesto no solo por el propietario del terreno sino también por los propietarios de los terrenos colindantes, los cuales ven la instalación de una central solar como una oportunidad para poder desarrollar explotaciones ganaderas. Estas explotaciones se alimentarían del posible



centro de transformación de la instalación en caso de que ésta fuera viable y, por lo tanto, se llevara a cabo dicha instalación solar.

1.4.- CONSIDERACIONES INICIALES DEL ESTUDIO.

Se pretende analizar la viabilidad de la instalación de un sistema de producción de energía eléctrica mediante energías renovables, concretamente mediante energía solar fotovoltaica.

Los dos sistemas típicos a la hora de implantar este tipo de centrales son mediante captadores fijos y mediante seguidores solares a dos ejes. En nuestro caso, se va a realizar el estudio de tres alternativas posibles mediante la utilización de estos sistemas, para una potencia instalada determinada.

1.4.1.- CONEXIÓN A LA RED.

Debido a la situación de la parcela en estudio (esquema nº3), la única forma de evacuación de la energía producida por la central a la red eléctrica pasa por la conexión a la red aérea de media tensión existente.

Como se ha comentado en el apartado 1.3., existe un interés por parte de los propietarios de las parcelas adyacentes por la instalación de un centro de transformación que sirva no solo para la evacuación de la energía producida por la central fotovoltaica, sino también para realizar una red de distribución de baja tensión que dé suministro a explotaciones ganaderas cercanas y que, hasta la fecha, no disponen de un suministro en baja tensión por parte de la empresa distribuidora. Éstos se harían cargo de la parte proporcional de los gastos referentes a la conexión en media tensión,

Teniendo en cuenta la postura de los propietarios de las parcelas adyacentes, la postura del propietario de la parcela y las condiciones de suministro de la empresa distribuidora, se considera que la mejor opción para el propietario de la parcela en estudio sería realizar la conexión a la red de media tensión



mediante un transformador, que posteriormente cedería a la empresa distribuidora ERZ-Endesa.

1.4.2.- POTENCIA DE LA CENTRAL.

Partiendo de las condiciones descritas en el apartado anterior, la conexión de la central fotovoltaica deberá ser en baja tensión.

El Real Decreto 1663/2000, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en su ITC-BT-40 y las normas particulares de ERZ-Endesa determinan que la interconexión de centrales generadoras a las redes de baja tensión públicas de tensión 3x400/230 V será admisible cuando la suma de las potencias nominales de los generadores (Inversores) no exceda de 100 kVA, siempre y cuando no exceda de la mitad de la capacidad de la salida del centro de transformación correspondiente a la línea de la Red de Distribución pública a la que se conecte la central.

Otro de los factores determinantes que, hasta la entrada en vigor del Real Decreto 1578/2008, marcaba la potencia de las centrales fotovoltaicas era la tarifa regulada que percibían las instalaciones de potencia igual o menor a 100 kW. En la actualidad, según el marco legislativo vigente (RD 1578/2008) sobre la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, las instalaciones del tipo II (Instalaciones en suelo) perciben una tarifa independiente de la potencia de la central y se fija en un valor que depende de la convocatoria en la que quede inscrita la central en el registro de pre-asignación de retribución.

Teniendo en cuenta lo mencionado hasta el momento, se ha optado por realizar el estudio y diseño de una central solar fotovoltaica de 100 kW de potencia, conectada a una red de baja tensión de 3x400/230 V.



1.4.3.- CONFIGURACIONES EN ESTUDIO.

Para el estudio de la central fotovoltaica, se van a considerar solo dos sistemas de instalación de entre todos los existentes:

- Sistemas de captación fija.
- Sistema de seguidores a dos ejes.

Mediante estos sistemas de instalación se van a plantear tres posibilidades distintas de combinación y, en función del tipo de tecnología y potencia utilizadas en cada una, se obtendrá como resultado las tres variantes que se exponen a continuación:

| | CENTRAL 100 KW | | |
|------------------------|----------------|-------------|--------------|
| | CONFIGU. I | CONFIGU. II | CONFIGU. III |
| ESTRUCTURA FIJA | 100% | 50% | 0% |
| SEGUIDORES A DOBLE EJE | 0% | 50% | 100% |

Tabla nº1.1: Configuraciones en estudio para central solar de 100 kW.

- Configuración I: En esta opción, el cien por cien de la instalación se realizaría mediante un sistema de captación por estructura fija.
- Configuración II: En esta opción, se realizaría una instalación en la que el cincuenta por ciento sería mediante captación por estructura fija y el cincuenta por ciento restante mediante un sistema de captación solar con seguidores a dos ejes.
- Configuración III: En esta opción, el cien por cien de la instalación se realizaría mediante un sistema de captación con seguidores a dos ejes.



1.4.4.- METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para realizar el diseño, valoración y posterior análisis de las diferentes configuraciones, se ha optado por realizar el diseño de la configuración 2.

El generador fotovoltaico de la configuración 2 estará formado por dos unidades o sub-generadores:

- Sub-generador 1: estará formado por un sistema de captación mediante estructura fija que cederá la energía producida a un inversor de una potencia nominal de 50 kW.
- Sub-generador 2: estará formado por un sistema de captación por seguidores a dos ejes que cederá la energía producida a un inversor de una potencia nominal de 50 kW.

Seleccionando este método de diseño conseguimos tres objetivos:

1. Los resultados obtenidos en cada sub-generador son extensibles a las demás configuraciones en estudio, sin tener que realizar el diseño de forma independiente para cada configuración. Para obtener los resultados de las demás configuraciones bastará con considerar para cada caso el número y el tipo de sub-generadores por los que está formada y realizar los cálculos oportunos.
2. Mediante este sistema conseguimos diversificar la instalación y evitamos que ante la aparición de un problema en alguno de los sub-generadores deje de funcionar toda la central, manteniendo un 50% de la instalación funcionando y obteniendo beneficios de la venta de la generación.
3. Mediante este método, la parte de la instalación destinada a la evacuación de la energía generada, es decir, toda la parte posterior al inversor, será común, independientemente de la configuración en estudio.



1.5.- DESCRIPCIÓN Y DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

1.5.1.- CENTRAL GENERADORA

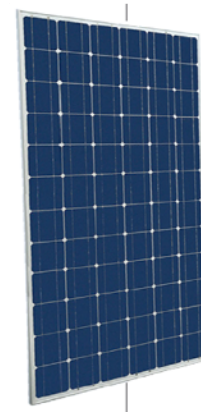
1.5.1.1.- ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN.

A continuación, se describen los elementos principales de los que consta la instalación:

➤ **Panel Solar**

Para el estudio se ha seleccionado un panel solar de tipo monocristalino del fabricante español Brisbane, modelo BS-190-S5 con las siguientes características:

- 72 Células Monocristalinas de 165 mm de Alta Eficiencia.
- Eficiencia del módulo superior a 15,7%
- Encapsulamiento con etil-viniloacetato modificado (EVA). Lámina posterior consta de varias capas, cada una con una función específica, adhesión, aislamiento eléctrico y aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas.
- Diodos de bypass para minimiza la pérdida de potencia en caso de sombreado.
- Tensión máxima del sistema 1.000 Volt.
- Conexión mediante conectores multicontact MC3.
- Preparado para presión de viento de hasta 130 km/h.
- 5 años de garantía del producto.
- 12 años de garantía de rendimiento del 90% de la potencia inicial.
- 25 años de garantía de rendimiento al 80% de la potencia inicial.
- Certificado TÜV Rheinland y CE.



Para otras características ver el anexo III.

➤ **El Inversor**

El inversor que se ha seleccionado es un inversor de la marca SolarMax, modelo SolaMax 50C, de una potencia de 50 kW nominales y que posee las siguientes características:

- Inversor senoidal PWM compacto
- Eficiencia MPP sobre el 99 %
- Relación precio/calidad altamente competitivo.
- Peso ligero y diseño compacto.
- Apropiado para instalaciones en lugares desprovistos de calefacción.
- Garantía de hasta 20 años..
- Certificación TÜV Rheinland y CE.



Para otras características ver anexo III.

1.5.1.2.- COMPOSICIÓN GENERADOR FOTOVOLTAICO

Según los cálculos realizados en el apartado (2) del anexo de cálculos, el generador fotovoltaico estará formado por un total de 640 paneles distribuidos en dos sub-generadores, es decir, 320 paneles por sub-generador. Cada sub-generador estará formado por 20 “strings” o ramales en paralelo, y cada uno de los ramales estará formado por 16 módulos conectados en serie.

La agrupación de los ramales en cada sub-generador es la siguiente:

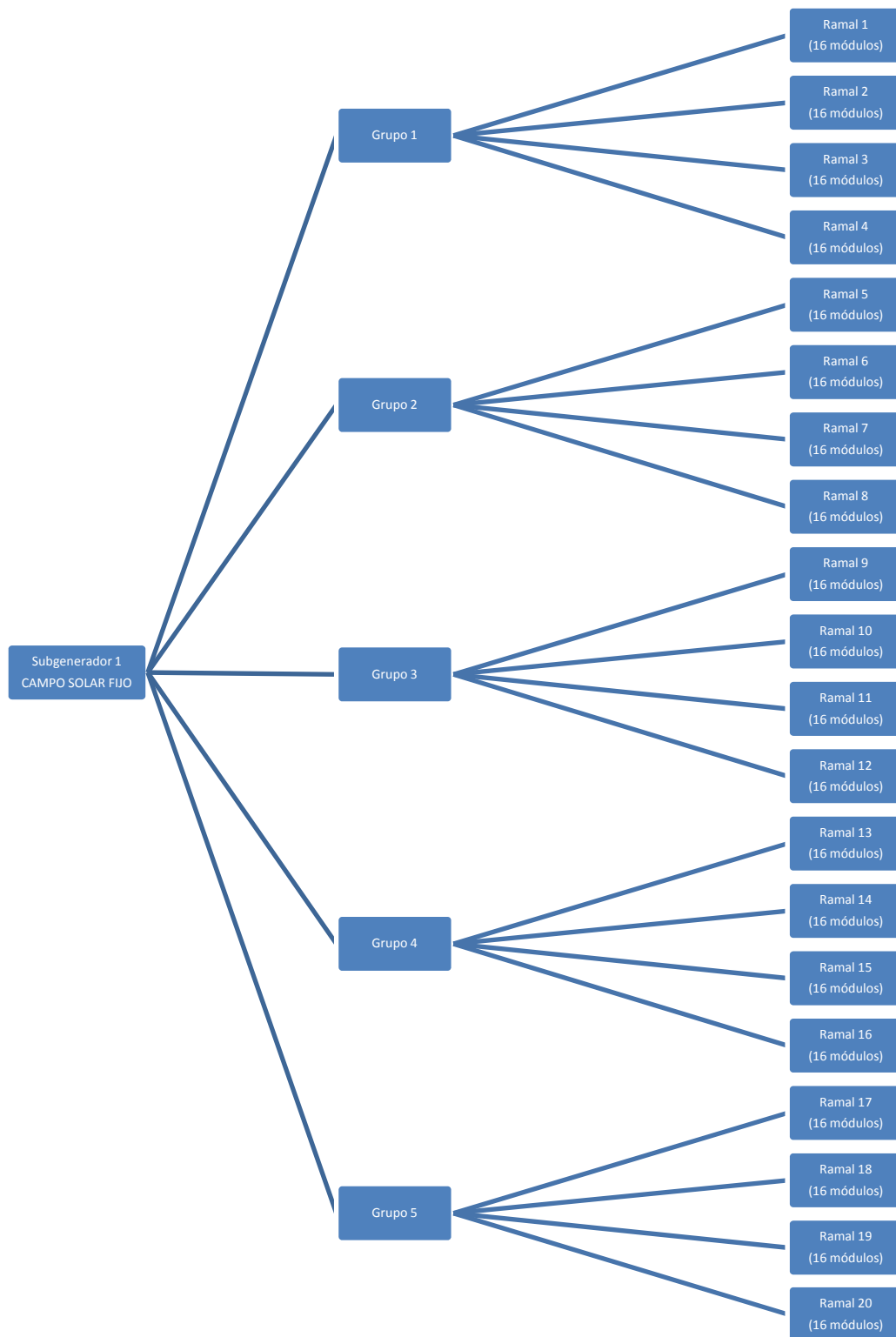


Figura n° 1.1: Distribución sub-generador 1

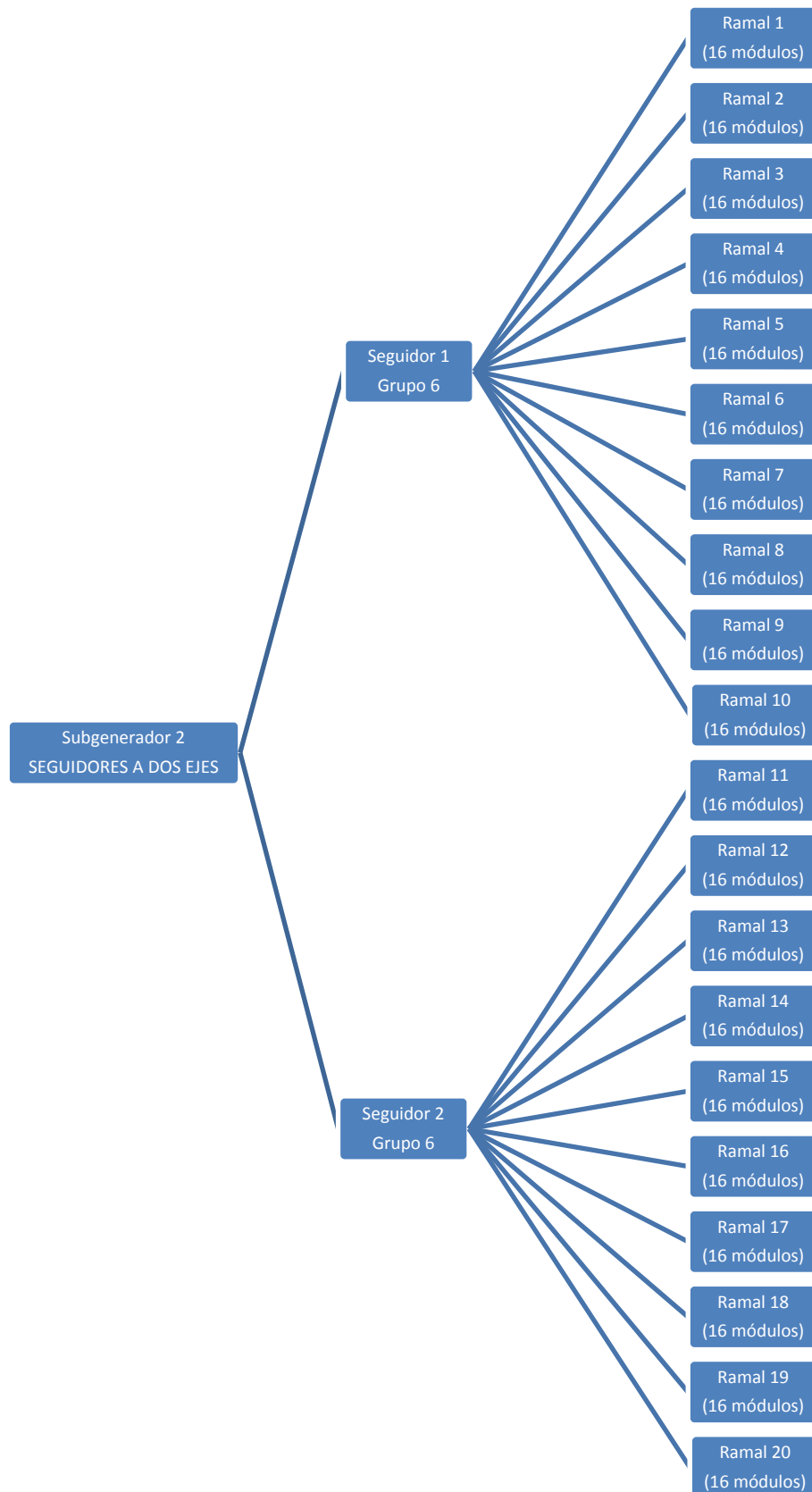


Figura nº 1.2: Distribución sub-generador 2

La disposición detallada de los sub-generadores se encuentra en los esquemas nº 6 y nº 7.

1.5.1.3.- ESTRUCTURA DE MONTAJE

1.5.1.3.1.- ESTRUCTURA DE MONTAJE SUB-GENERADOR 1

El sub-generator 1 está formado por 320 módulos distribuidos en 20 ramas, las cuales se fijan a 20 estructuras de montaje. Así pues, cada estructura está formada por 16 módulos, distribuidos en dos filas de 8 paneles cada una. Se ha dejado una distancia entre módulos de 2 cm para poder realizar la fijación a la estructura. Con esta separación se consigue mejorar la disipación de calor de los módulos y a su vez oponer menos resistencia al viento, evitando el efecto vela.

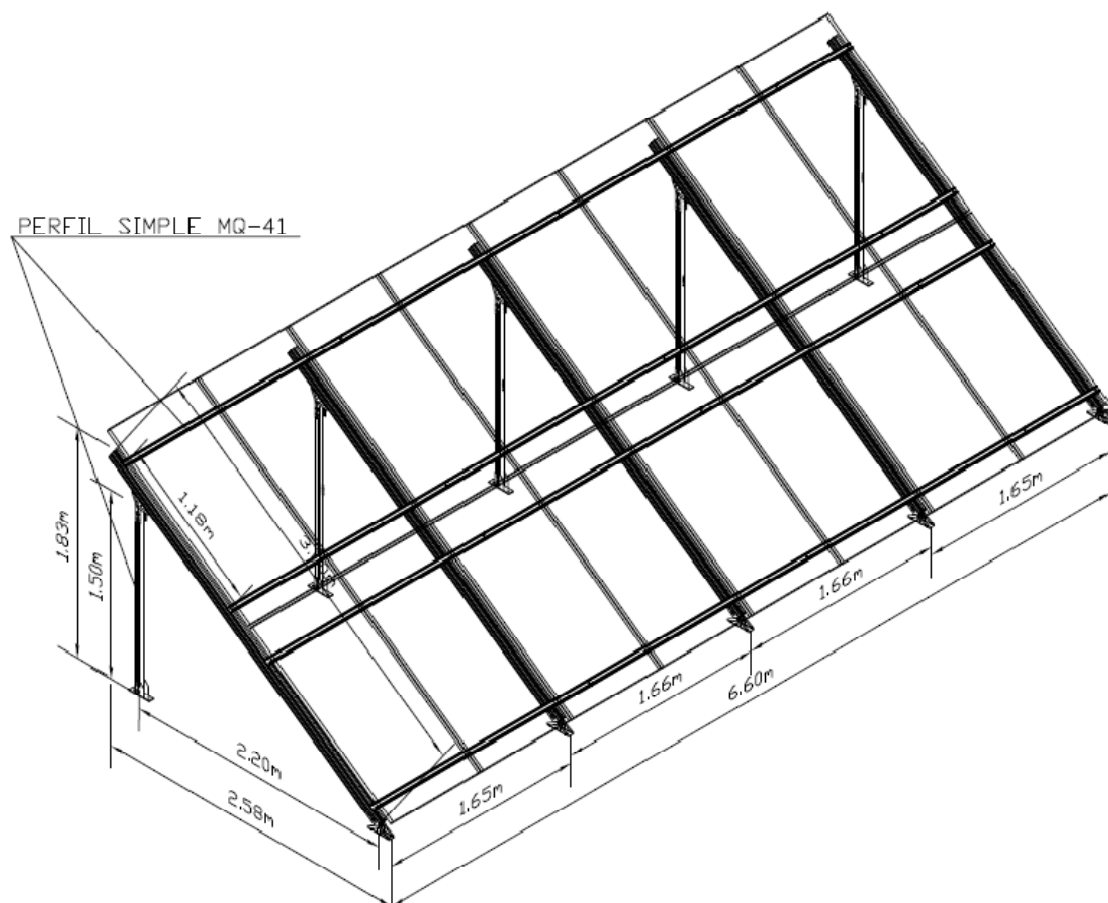


Figura nº 1.3: Estructura soporte sub-generador 1

Elementos de la estructura:

La estructura se ha diseñado mediante la utilización del sistema de montaje que la marca Hilti tiene para este tipo de instalaciones fotovoltaicas, concretamente el sistema de montaje MQ. El sistema MQ está basado en perfiles simples, perfiles dobles y accesorios de acero galvanizado que proporcionan una seguridad a la estructura lo suficiente para aguantar el peso de los paneles y las inclemencias meteorológicas, tanto nieve como viento.

La estructura soporte ha sido calculada según la norma MV-103 para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos.

La estructura está formada por los siguientes elementos:

➤ Perfil MQ

Estos perfiles poseen una sección dentada en forma de C y un galvanizado sendzimir de aproximadamente 20 micras. También poseen marcas cada 5 cm para facilitar el corte y el montaje. Para diseñar la estructura se han utilizado dos tipos de perfil:

- Perfil MQ 41 2m: Perfil simple de 2 metros de longitud.
- Perfil MQ 41 D 3m: Perfil doble de 3 metros de longitud.

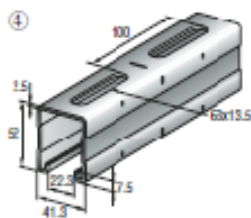


Figura nº 1.4: Perfil simple MQ-41 2.

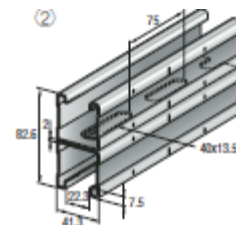


Figura nº1.5: Perfil doble MQ-41 D 3m

- Conector longitudinal: Este elemento se ha colocado para unir los perfiles MQ-41 2m y conseguir la longitud de estructura necesaria.

Características:

- Espesor: 4mm
- Galvanizado: Fe/Zn 13 B según norma DIN 50961
- Peso: 555 gr



Figura nº 1.6: Conector longitudinal de carril

➤ Apoyo de carril MQP-21-72:

Este elemento se ha utilizado para fijar la parte posterior de la estructura a la zapata de hormigón.

Características:

- Espesor: 4mm
- Galvanizado: Fe/Zn 13 B según norma DIN 50961.
- Peso: 1.150 gr.



Figura nº 1.7: Apoyo de carril MQP-21-72

➤ Base giratoria MQP-G:

Este elemento se ha utilizado para fija la parte frontal de la estructura a la zapata de hormigón y de soporte giratorio en la parte superior de la pata trasera.

Características:

- Espesor: 4mm
- Galvanizado: Fe/Zn 13 B según norma DIN 50961.
- Peso: 1.055 gr.

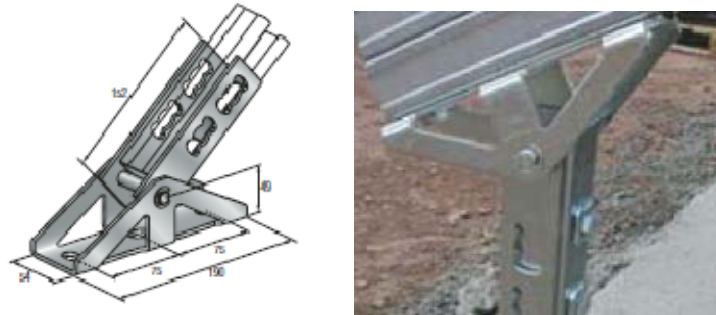


Figura nº 1.8: Base giratoria MQP-G

➤ Tornillo tuerca carril MQN M10

Mediante este elemento se ha unido todas las partes de la estructura.

Características:

- Tornillo: M10 material 8.8 según norma DIN/ISO898
- Tuerca: QSTE 380 TM, SEW 92
- Peso: DD11, DIN EN 10111

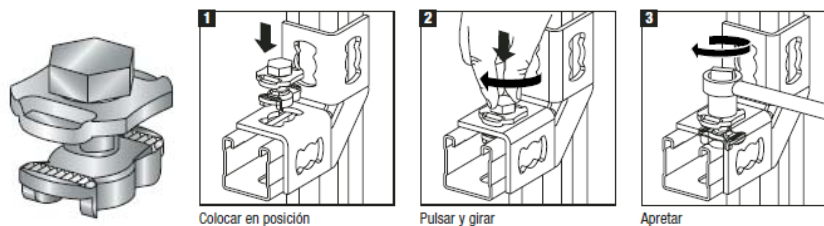


Figura nº 1.9: Tornillo tuerca carril MQN-M10

➤ Pinza final MSP-MQ-EC.

Este elemento se ha utilizado para fijar los módulos a la estructura en los extremos de la misma.

Características:

- Material pinza: Aluminio extruido
- Tornillo, muelle: A2 (1.431).
- Tuerca: Acero galvanizado.
- Par de apriete: 15 Nm.

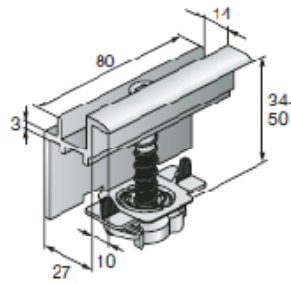


Figura n° 1.10: Pinza final MSP-MQ-EC

➤ Pinza intermedia MSP-MQ-MC.

Este elemento se ha utilizado para la unión entre módulos contiguos a la estructura.

Características:

- Material pinza: Aluminio extruido
- Tornillo, muelle: A2 (1.431).
- Tuerca: Acero galvanizado.
- Par de apriete: 15 Nm.

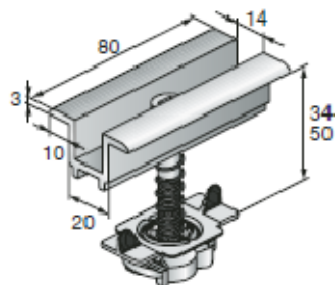


Figura n° 1.11: Pinza intermedia MSP-MQ-MC

➤ Anclaje estándar rosca externa.

Este elemento se ha utilizado para fijar la estructura a la zapata de hormigón.

Características:

- Material pinza: Acero inoxidable.

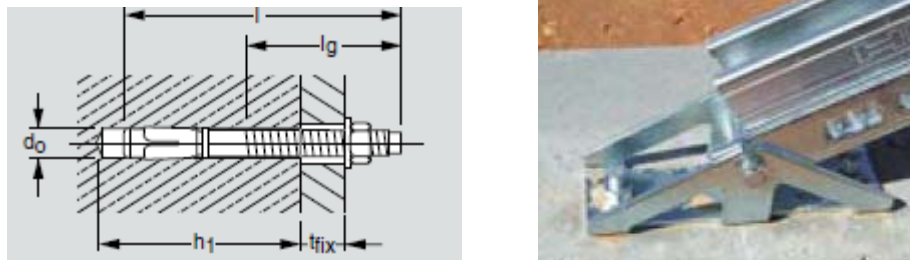


Figura n° 1.12: Anclaje estándar rosca externa.

En el esquema n° 22 se detalla la situación de cada uno de los elementos.

Todos los elementos que forman la estructura soporte, incluidos anclajes son de acero galvanizado en cumplimiento con la norma MV-103, a excepción de los tornillos de los anclajes de los módulos a la estructura que son de acero inoxidable cumpliendo con la norma MV-106 y las pinzas de fijación, que están fabricadas en aluminio extruido.

Disposición en el terreno:

Según el anexo de cálculos, todas las estructuras deberán ser orientadas hacia el sur y poseer una inclinación de 35° con respecto a la horizontal para conseguir maximizar la producción anual de la instalación.

La separación entre estructuras en paralelo será de 7 metros según el anexo de cálculos. Esta separación garantiza que las pérdidas ocasionadas por sombreado mutuo, no sean en ningún caso superior a lo que establece el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E., siendo el 10% el valor máximo permitido.

La disposición será la indicada en el esquema n° 4.

Cimentación:

Para la cimentación se ha optado una zapata de hormigón corrida de las siguientes características:



- N° de zapatas: 2
- Longitud: 7 m.
- Anchura: 0,3 m
- Altura: 0,3 m
- Volumen de hormigón: 0, 63 m³ por zapata.

Mediante estas zapatas de hormigón, según el anexo de cálculos, se garantiza la estabilidad de la estructura para vientos de hasta 120 Km/h.

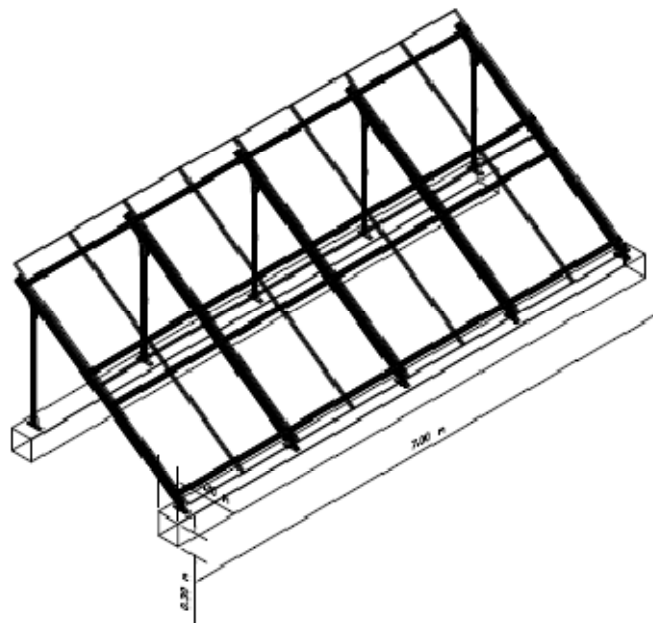


Figura n° 1.13: Cimentación estructura soporte sub-generador 1

1.5.1.3.2.- ESTRUCTURA DE MONTAJE SUB-GENERADOR 2.

Para albergar los módulos de sub-generador 2, se ha seleccionado un seguidor solar a dos ejes del fabricante ADES, modelo 5F-27 m.

Los 320 módulos de sub-generador 2 se han distribuido en dos seguidores, de forma que en cada uno se colocarán 160 módulos. La parrilla del seguidor estará formada por cinco filas de módulos, que a su vez estarán constituidas por dos ramales de 16 módulos cada ramal, lo que hace 32 módulos por fila.



Mediante esta configuración, la superficie del generador solar por inversor es de 204,26 m², distribuida sobre una parrilla de montaje de 237 m².

La disposición de los seguidores se detalla en el esquema nº 5.

Características del seguidor:

1. Características físicas:

- Configuración (filas – longitud): 5 filas – 27 m.
- Posee un área para fijación de módulo de hasta 229 m².
- Ángulo de inclinación regulable hasta 40°.
- Barrido acimutal de 250°
- Alimentación autónoma.
- Anemómetro.
- Tipo de seguimiento:
 - Seguimiento acimutal automatizado, con una precisión de $\pm 3\%$.
 - Inclinación de segundo eje automatizado mediante cilindros hidráulicos comandados por centralita.
- Consumo energético anual de 160 Kwh/año aproximadamente.

2. Características mecánicas:

- Estructura calculada para resistir 160 Km/h en posición de seguridad.
- Peso de la estructura: 6.100 Kg.
- Sistema de tracción mediante pinza tractora hidráulica.



Figura nº 1.14: Seguidor solar a dos ejes ADES.

Disposición en el terreno:

Los seguidores han sido situados en el terreno de forma que las pérdidas ocasionadas por el sombreado mutuo sean inferiores al 10% marcado por el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E.

Los seguidores solares según el anexo de cálculos, están separados una distancia de 35 m en la dirección N-S, y una distancia de 35 m en la dirección E-O, lo que hace una distancia lineal de aproximadamente 50 m.

Con la distancia seleccionada, las pérdidas globales por sombreado en el subgenerador 2 son del 0,2%.

La situación concreta se detalla en el esquema nº 5.

Cimentación del seguidor:

La cimentación del seguidor se ha realizado mediante un macizo de hormigón de las siguientes dimensiones:

- Altura cimentación: 1m.
- Base macizo: 3,2 m.
- Volumen de hormigón: 10,24 m³.

La cimentación se ha calculado para una velocidad de viento máxima de 108 km/h, que coincide con la máxima velocidad que soporta la estructura según el fabricante en caso de fallo de todas las seguridades que posee el seguidor.

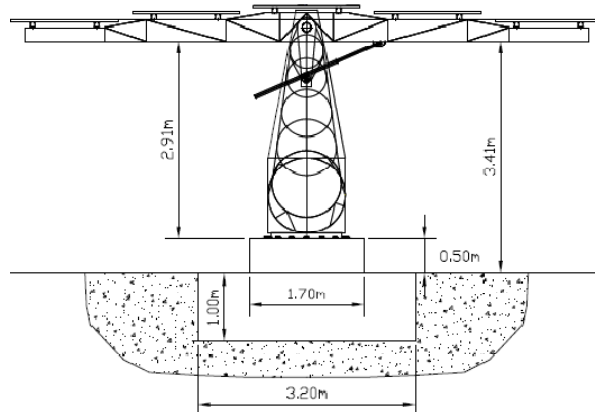


Figura nº 1.15: Detalle cimentación seguidor solar

1.5.1.4.- ESTRUCTURA ELÉCTRICA.

1.5.1.4.1.- INSTALACIONES EN CORRIENTE CONTINUA

Descripción de la instalación:

La interconexión entre módulos y entre éstos y el inversor, en el lado de corriente continua del generador fotovoltaico, se realiza mediante conductor constituido por cobre electrolítico y aislado con polipropileno con aislamiento RV-K 0,6/1KV, normalizado según la norma UNE 21123.

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se han conducido separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

La conexión de los 16 módulos en serie de cada ramal se ha realizado mediante el propio cableado que poseen los módulos, (0,9 m polo positivo y 0,9m polo negativo), a través de conectores multicontact MC3 macho-hembra dispuestos en cada uno de los extremos de dichos conductores (Ver esquemas nº 9 y nº10)



Figura n° 1.16: Conectores multicontact MC3

Los conductores de cada uno de los ramales acometen a un cuadro de grupo, por la parte superior. Estos cuadros de grupo están fijados a la estructura de montaje y están formador por:

- Interruptor Seccionador en carga de 25 amperios: Se ha colocado una unidad por cada rama.
- Bases portafusibles y fusibles de protección de 10 A: Se ha colocado una base porta fusible con su correspondiente fusible de 10 A para la protección de los ramales tanto en el terminal positivo como en el negativo de los conductores.
- Protector de sobretensiones tipo II: Se ha previsto un protector de sobretensiones en cada cuadro de grupo.
- Embarrado de corriente continua: Se ha utilizado para agrupar todos los circuitos procedentes de los ramales y realizar la salida a la caseta de control con uno o dos circuitos, en función del sub-generador.

Los esquemas de montaje de los cuadros de cada sub-generador se detallan en los esquemas n° 11 y 12.

La salida de los cuadros de grupo se realiza por conducción enterrada bajo tubo en zanjas previstas a tal efecto (según esquema n° 15), hasta los interruptores de continua situados en la caseta de control. Las secciones de los conductores y los diámetros tubos de cada tramo se detallan en el anexo de cálculos y en los esquemas n° 6 y 7.

Para la unificación de todos los circuitos, se ha previsto un cuadro general (según esquema n° 13) formado en su parte superior por un embarrado, donde



acomete todos los circuitos provenientes de los interruptores de continua, y un cuadro de protección que estará formado por los siguientes elementos:

- 1 Vigilante de aislamiento.
- 1 Buscador de seguidor de fallo.
- Interruptor general de corriente continua.

La conexión desde el embarrado y cuadro de protección general de sub-generador hasta el inversor se ha realizado mediante conductor RV-K 2 x 1 x 70 mm² Cu.

Protecciones y elementos de corriente continua.

1. Armarios y envolventes:

En la instalación se pueden distinguir dos tipos cuadros o envolventes:

➤ Cuadros de grupo:

Es un armario metálico estanco, construido en una sola pieza, pintado exteriormente y interiormente con resina de poliéster-exposi color gris, RAL 7032. Posee una junta de poliuretano espumada en las puertas que garantiza la estanqueidad durante años.

Este cuadro tiene una protección IP 66, que lo hace estar protegido totalmente ante el polvo y ante lanzamientos de agua similares a los golpes de mar.

Dispone una amplia gama de montaje que facilita la configuración del cuadro para el montaje de cualquier tipo de aparamenta modular.

El sub-generador 1 está formado por:

- Cinco armarios del fabricante Himel, modelo CRN-65/200 para albergar todos los dispositivos de seccionamiento y protección de los ramales.
- Cinco armarios modelo CR-35200 BO para realizar el embarrado de continua del cuadro de grupo. Estos últimos se colocan justo debajo del cuadro de protección mediante un marco de yuxtaposición, obteniendo una conexión totalmente estanca. El armario dispone de una puerta fijada mediante tornillos.

En el sub-generador 2 está formado por.



- Dos armarios del fabricante Himel, modelo CRN-106/250 para albergar todos los dispositivos de seccionamiento y protección de los ramales.
- Dos armarios modelo CR-35200 BO para realizar el embarrado de continua del cuadro de grupo. La disposición es exactamente igual que para el caso del sub-generador 1.

Se ha previsto esta separación entre elementos de protección y embarrado para evitar posibles contactos accidentales al manipular los elementos de seccionamiento y protección en el cuadro superior.



Figura n° 1.17: Cuadros CRN y CR sub-generador

➤ **Cuadro General:**

Son cajas modulares aislantes compuestas por fondos prefabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio y tapas construidas en policarbonato o poliéster reforzado con fibra de vidrio.

El Cuadro General está formado por:

- Una caja independiente modelo PLS2754 del fabricante Himel, utilizada como embarrado general de entrada (Dimensiones según esquema n° 13).

- Una caja modelo PLS3672A del fabricante Himel, utilizada para albergar los dispositivos de protección y seccionamiento general de cada sub-generador.

La unión entre las dos cajas, se realiza mediante un marchio de yuxtaposición.

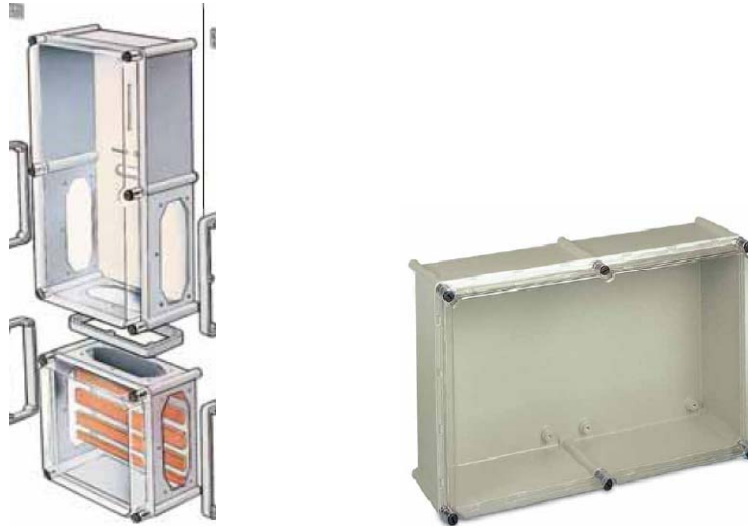


Figura nº 1.18: Cajas PLS Cuadro General

2. Interruptor-Seccionador.

Es un interruptor - seccionador multipolar con mando manual. Permiten abrir o cerrar en carga con seguridad los circuitos fotovoltaicos..

Se ha seleccionado el modelo A-5102PVO, del fabricante Gabe. Este modelo está preparado para funcionar con tensiones de hasta 900 Vdc y intensidades de hasta 25 A.

Estos interruptores se han previsto para su instalación en cada uno de los ramales del sub-generador. El objetivo que persiguen, es poder realizar el seccionamiento de los ramales de forma independiente para labores de mantenimiento.



Figura n° 1.19: Interruptor-Seccionador ramal

3. Bases portafusibles y fusibles:

Para la protección de los ramales, tanto de los terminales positivos como negativos, según el anexo de cálculos, se ha previsto la instalación de fusibles cilíndricos de protección tipo gR, de intensidad nominal 10 A, y poder de corte 30 kA, calibre 10x38, preparados para trabajar a tensiones de hasta 900 V.

Par su instalación se ha seleccionado una bases portafusibles unipolares PMF 1000VDC, de una intensidad nominal de 32 A y una tensión máxima de funcionamiento de 1.000 V.



Figura n° 1.20: Base portafusibles y fusible protección ramal

4. Protector de sobretensiones tipo II.

Para la protección de la instalación ante sobretensiones de tipo atmosférico, se ha previsto en la instalación, según el anexo de cálculos, de un protector

de sobretensión tipo II, de fabricante ABB, modelo OVR PV 40 1.000(s) P(TS).

Se ha previsto su instalación en cada uno de los cuadros de grupo, tanto del sub-generador 1 como del sub-generador 2.



Figura nº 1.21: Protector de sobretensiones tipo II

5. Interruptor de continua en estado sólido.

El INFAC es un interruptor de corriente continua de estado sólido que permite o no la transferencia de energía de la entrada a la salida. La entrada es la tensión continua procedente de los paneles fotovoltaicos y la salida la tensión que va al inversor. Dispone de dos entradas de control:

- Una, que activa la transferencia de potencia entrada a salida (estado 'on').
- La otra interrumpe la transferencia de energía y cortocircuita las bornas de entrada de potencia (estado 'cortocircuito').

El dispositivo se comporta como un biestable con los dos estados descritos, conmutando a uno u otro al recibir un pulso a través de las entradas de control correspondientes.

Se ha previsto un interruptor en cada una de los circuitos que llegan a la caseta de control. El modelo seleccionado según anexo cálculos es un INFAC/800/M/T, con capacidad de corte de hasta 80 A y con dispositivo de conexión a tierra.



Figura nº 1.22: Interruptor de continua INFAC.

6. Vigilante de aislamiento.

El equipo FAC3/I detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al Interruptor INFAC para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, asegurando de esta manera que la instalación quede sin tensión. El rearme automático restablece la situación normal si el defecto de aislamiento ha desaparecido, dando una orden de desconexión del cortocircuito al Interruptor INFAC.

El vigilante de aislamiento seleccionado es del fabricante Proat, concretamente el modelo INFAC3/900/I, (según anexo de cálculos). Se ha previsto la instalación dos vigilantes de aislamiento, uno por cada sub-generador.



Figura nº 1.23: Vigilante de aislamiento INFAC3.

7. Buscador de seguidor en fallo

El Buscador de Seguidor en Fallo BSF, se utiliza en instalaciones fotovoltaicas con múltiples seguidores o strings, para determinar junto con los interruptores

de continua INFAC, cual es el seguidor que presenta fallo de aislamiento, una vez que este es detectado por el Vigilante de Aislamiento de la instalación.

Cuando el Vigilante de Aislamiento FAC3 detecta fallo de aislamiento, indica al BSF (Buscador Seguidor en Fallo) que active el cortocircuito de todos los Interruptores de continua (INFAC). Una vez realizado esta acción, el BSF inicia el ciclo de búsqueda del ramal que tiene el fallo de aislamiento: Al cabo de pocos segundos, procede a quitar el cortocircuito del primer ramal y verificar si reapparece el fallo de aislamiento. Si no surge el fallo, lo deja funcionando y si se presenta lo vuelve a cortocircuitar. Realiza el mismo proceso con el siguiente ramal hasta que haya realizado la prueba con todos los ramales. Al final del ciclo quedarán cortocircuitados los ramales que tuvieran fallo de aislamiento. Cuando el Vigilante de Aislamiento FAC3 ordena un reenganche, el BSF quita el cortocircuito de los seguidores que lo tuvieran.

Se ha previsto la instalación de dos buscadores de seguidor en fallo modelo BSF-5/RT, con capacidad de controlar un máximo de 5 interruptores de continua. Uno para en cada sub-generador.



Figura nº 1.24: Buscador de seguidor en fallo BSF-5/RT.

8. Interruptor General de corriente continua.

Interruptor automático tetrapolar en caja moldeada, para fijación en carril, de una intensidad nominal de 160 A, y un poder de corte de 40 kA (con tres polos en serie), indicado para aplicaciones en corriente continua con tensiones de hasta 1.000V.

Se ha seleccionado un interruptor modelo Isomax S3 (según anexo de cálculos) del fabricante ABB. Se ha previsto un interruptor a la entrada de cada inversor.



Figura n° 1.25: Interruptor de continua Isomax S3.

Según las indicaciones de fabricante, la conexión en continua se realizaría de la siguiente manera:

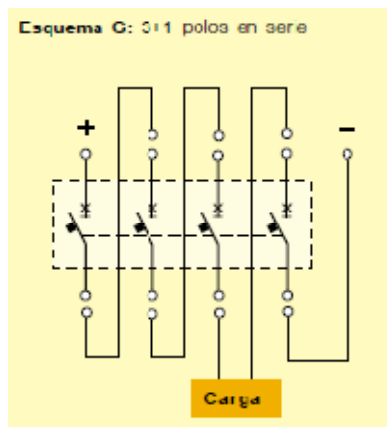


Figura n° 1.26: Conexión de interruptor Isomax S3.

1.5.1.4.2.- INSTALACIONES EN CORRIENTE ALTERNA.

Descripción de la instalación:

El tramo de corriente alterna de la instalación en estudio, abarca desde la salida de los inversores de cada uno de los sub-generadores hasta la Caja General de Protección.



Cabe mencionar, que la parte de corriente alterna de la instalación es común a los dos sub-generadores en estudio.

La conexión entre las salidas de los inversores y la Caja General de Protección, se realiza con el mismo tipo de conductores descritos en el apartado de corriente continua, conductores RV-K 0,6/1KV de las secciones indicadas en el anexo de cálculos.

Todos los conductores de salida de los inversores, se agrupan en un embarrado de corriente alterna. El tramo desde el embarrado hasta el Interruptor Magnetotérmico General de la central y desde éste hasta la Caja General de Protección, se realiza mediante un solo conductor de sección según el anexo de cálculos.

El interruptor general de la instalación junto con la caja general de protección se encuentran instalados en un nicho de obra civil, situado en la parte exterior de la caseta de control que da al un vial público, de esta manera se garantiza la total accesibilidad de los elementos a la compañía distribuidora. El nicho en cuestión está protegido mediante una puerta metálica, con grado de protección IK 10, según normativa de la empresa distribuidora.

El Interruptor General, en cumplimiento de la normativa, se ha previsto dentro de una envolvente precintable.

Para la medida de la energía generada por la central se ha previsto, según la normativa de la compañía distribuidora, un conjunto individual trifásico de medida indirecta, formado un por contador trifásico bidireccional, tres transformadores de intensidad para la medida indirecta y una regleta de verificación. (Véase esquema n° 14)

Protecciones y elementos de corriente alterna.

1. Embarrado de corriente alterna:

Está formado por una caja de distribución estanca con tapa transparente, embarrado de pletinas de cobres y soportes aislantes.



Figura nº 1.27: Caja repartidora – Embarrado corriente alterna.

2. Interruptor Magnetotérmico General con relé diferencial.

Interruptor magnetotérmico tetrapolar Tmax T3, con una intensidad nominal de 250 A, regulables y un poder de corte de 25 kA.. Está provisto de un relé para protección de generadores TMG con umbral térmico regulable ($I_1 = 0,7...1 \times I_n$), umbral magnético fijo ($I_3 = 3 \times I_n$).

La protección diferencial se realiza mediante un relé diferencia RC221 en forma de L, acoplado al interruptor Tmax T3. Posee un umbral de actuación regulable de 0,03-0,01-0,3 A.



Figura nº 1.28: Interruptor magnetotérmico general y relé diferencia corriente alterna.

3. Contador Bidireccional

Contador bidireccional Actaris SL 7000 con las siguientes características:

- Medida de la energía activa (bidireccional), reactiva (cuatro cuadrantes) y aparente, en valores agregados y fase por fase.
- Dispone de 4 entradas de impulsos, que permiten una gestión adicional de la medida.

- Pueden registrarse hasta 8 canales de curva de carga configurables entre las diversas magnitudes medidas.
- Tarifación de energía y demanda máxima.
- Medida de hasta 10 magnitudes eléctricas para facturación.
- Hasta 32 registros de tarifa de energía y 24 registros de tarifa de demanda máxima.
- Cambios de tarifa gestionados por reloj interno. En las versiones de Entrada/Salida intermedia y extendida, los cambios de tarifa pueden también gestionarse externamente.
- Los umbrales de tensión son configurables, permitiendo el análisis detallado de las variaciones de tensión.
- Tres canales de comunicación
- Pueden utilizarse dos canales simultáneamente.
- Incorpora puertos de lectura local y remota.
- Modem telefónico junto al contador.



Figura nº 1.29: Contador Bidireccional Actaris SL700

4. Caja General de Protección.

Caja General de Protección BUC-7-400 A, compuesta por tres bases portafusibles de una intensidad de 400 A, un terminal para el neutro inamovible y fusibles tipo NH, tamaño 2, clase gG, de una intensidad de 224 A y un poder de corte de 25 kA. (Según anexo de cálculos)



Figura nº 1.30: Caja General de Protección

(Ver esquema nº 14)

1.5.1.5.- RED DE TIERRAS.

La instalación de puesta a tierra de la instalación, tanto para el generador 1 como para el generador 2, está formada por la unión de 12 electrodos de puesta a tierra clavados en el terreno (picas) mediante un conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 y formando anillos (Ver esquema nº 3).

Todas las masas de la instalación están conectadas a una única red de tierras. En los cuadros de grupo se ha dispuesto una regleta de puesta a tierra para realizar la conexión de las envolventes y de los protectores de sobretensión previstos.

En la caseta del inversor se ha previsto un borne de comprobación de puesta a tierra, según la normativa vigente.



Figura nº 1.31: Borne de prueba de puesta a tierra.



Cabe destacar, que según el Real Decreto 1663/2000, debe de existir una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas. A tal efecto, el inversor seleccionado posee un transformador de aislamiento que realiza la separación galvánica necesaria.

1.5.2.- RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN

1.5.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La red subterránea de baja tensión, es el tramo comprendido entre Caja General de Protección prevista para la central fotovoltaica y el Centro de Transformación que se describirá en apartados posteriores.

1.5.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

➤ CONDUCTOR

Se han empleado cables unipolares de Aluminio tipo UNE RV 0,6/1 kV, aislamiento Polietileno Reticulado según norma UNE 21123 y R.U. 3304.

Los conductores son del tipo RV 0,6/1kV 3x1x240 mm² + 1x150 mm² Al(según el anexo de cálculos).

➤ CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

Las canalizaciones se han dispuesto procurando que el trazado sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables a tender.

La posición del conductor y las dimensiones de la zanja, se detallan en el esquema nº 16.



1.6.- RED DE MEDIA TENSIÓN.

Para realizar la cesión de la energía generada por la central a la red de la compañía distribuidora ERZ-Endesa de media tensión, se ha realizado el diseño de unas instalaciones en media tensión.

Las instalaciones están comprendidas por una línea de media tensión y un centro de transformación prefabricado compacto de superficie. En las instalaciones se dejará espacio suficiente para la instalación de una celda de línea para salida a hacia otros futuros centros de transformación.

Del estudio de la infraestructura eléctrica existente, de las necesidades energéticas (potencia demandada), y de las características del terreno, se ha optado por diseñar una línea aéreo – subterránea de media tensión y un centro de transformación prefabricado de superficie.

En el presente estudio, se establecen las características que deberán reunir las instalaciones, en cumplimiento de lo que establezcan los Reglamentos e Instrucciones Técnicas Complementarias vigentes.

Así mismo, se tendrán presentes las Normas UNE, Recomendaciones UNESA y normas particulares de ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.

1.6.1.- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PREFABRICADO COMPACTO.

1.6.1.1.-ANÁLISIS PREVIO.

Para la elección de la potencia del Centro de transformación se ha tenido en cuenta el Real Decreto 1663/2000, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E, y las Normas particulares de ERZ-Endesa, por la cuales, para realizar la conexión de una central fotovoltaica a la red de baja tensión, se deben cumplir una serie de requisitos, entre los que está el siguiente:

1. La suma de las potencias de las instalaciones en régimen especial conectadas a una línea de BT no podrá superar, ni la mitad de la capacidad de transporte de dicha línea en cualquiera de los tramos que van desde el punto de conexión hasta el cuadro de BT del Centro de



Transformación, ni la mitad de la capacidad de transformación del transformador al que se conecte la red BT.

La potencia del Centro de Transformación deberá ser como mínimo el doble de la potencia de la central, luego:

| Ptotal Central (kW) | POT.APARENTE (kVA) | POT. APAR.MÍNIMA CT (kVA) | POT. COMERCIAL SUPERIOR (kVA) |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--|
| 100 | 111,11 | 222,22 | 250 |

Tabla nº1.2: Selección de la potencia del Centro de Transformación a instalar.

1.6.1.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL

Según las indicaciones del apartado anterior, se ha seleccionado un Centro de Transformación Prefabricado Compacto Exterior para compañía (Sin celda de medida) de 250 kVA del fabricante Ormazabal, modelo miniBLOK-24. El CT está formado principalmente por una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

La aparamenta eléctrica está formada por:

- Celda Nº 1 y 2: Celda de línea (entrada/salida).
- Celda Nº 3: Celda de protección con fusibles.
- Transformador de potencia: 250 kVA
- Cuadro de baja tensión.



1.6.1.3.- CARACTERÍSTICAS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1.6.1.3.1.- CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

MiniBLOK-24 es un Centro de Transformación compacto compartimentado, de maniobra exterior, diseñado para redes públicas de distribución eléctrica en Media Tensión hasta 36 kV.

Consiste básicamente en una envolvente prefabricada de hormigón de reducidas dimensiones, que incluye en su interior un equipo compacto de MT, un transformador, un cuadro de BT y las correspondientes interconexiones y elementos auxiliares. Todo ello se suministra ya montado en fábrica, con lo que se asegura un acabado uniforme y de calidad.

El esquema eléctrico disponible en MT cuenta con 2 posiciones de línea (entrada y salida) y una posición de interruptor combinado con fusibles para la maniobra y protección del transformador, así como un cuadro de BT con salidas protegidas por fusibles.

La concepción de estos centros, que mantiene independientes todos sus componentes, limita la utilización de líquidos aislantes combustibles, a la vez que facilita la sustitución de cualquiera de sus componentes.

Así mismo, la utilización de aparamenta de MT con aislamiento integral en gas reduce la necesidad de mantenimiento y le confiere unas excelentes características de resistencia a la polución y a otros factores ambientales, e incluso a la eventual inundación del Centro de Transformación.

➤ Envolvente

Los edificios prefabricados de hormigón para miniBLOK están formados por una estructura monobloque, que agrupa la base y las paredes en una misma pieza garantizando una total impermeabilidad del conjunto y por una cubierta movable.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la



interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

En la parte frontal dispone de dos orificios de salida de cables de 150 mm. de diámetro para los cables de MT y de cinco agujeros para los cables de BT, pudiendo disponer además en cada lateral de otro orificio de 150 mm. de diámetro. La apertura de los mismos se realizará en obra utilizando los que sean necesarios para cada aplicación.

➤ **Ventilación**

La ventilación natural optimizada dispuesta en miniBLOK reduce el calentamiento del transformador, permitiendo obtener del mismo el máximo aprovechamiento y unas condiciones de operación óptimas.

La ventilación del transformador está formado por 2 rejillas laterales y 1 rejilla perimetral en la parte superior, facilitando una perfecta ventilación del interior del Centro de Transformación. Las rejillas laterales están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación.

➤ **Accesos**

La puerta de acceso es un conjunto de dos hojas con un sistema que permite su fijación a 90° y a 180° de tal forma que para maniobrar el cuadro de BT basta con abrir la puerta derecha.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la inferior.

➤ **Acabado**

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura, de color blanco-crema en la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación, siendo de textura rugosa en las paredes.



Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

➤ **Calidad**

El montaje de miniBLOK se realiza íntegramente en fábrica asegurando así la calidad del montaje y ha sido acreditado con el Certificado de Calidad AENOR de acuerdo a ISO 9000.

➤ **Alumbrado**

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

➤ **Puesta a tierra**

Para el correcto conexionado de la tierra de herrajes dispone de una pletina de Cu accesible frontalmente, a esta pletina confluyen las tierras de las celdas, transformador, cuadro de BT y herrajes. Tiene también un orificio de 14 mm de diámetro para la toma de tierra exterior.

La unión de la tierra de neutro exterior se efectúa directamente a la barra de neutro del cuadro de BT.

➤ **Cimentación**

Los Centros de Transformación miniBLOK se transportan totalmente montados. Para su ubicación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adaptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm. de espesor.

Se recomienda una acera de un metro de anchura a lo largo del frente de maniobra para la zona desde la que el operario realiza las operaciones con las celdas de MT y el cuadro de BT.

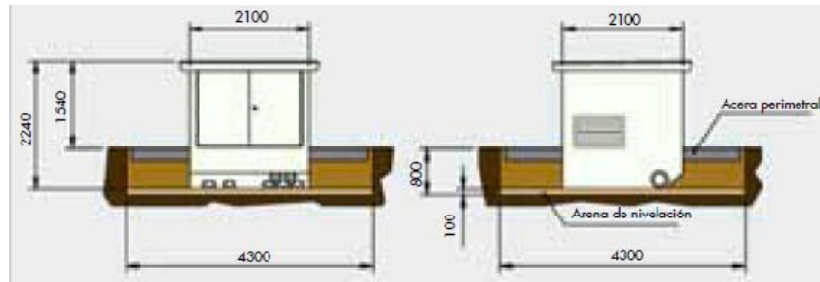


Figura n° 1.32: Dimensiones Centro de Transformación miniBLOK.

➤ Características Detalladas

| CARACTERÍSTICAS | |
|---------------------------|----------|
| Nº TRANSFORMADORES: | 1 |
| PUERTAS DE ACCESO PEATÓN: | 1 |
| DIMENSIONES EXTERIORES: | |
| LONGITUD: | 2.100 mm |
| FONDO: | 2.100 mm |
| ALTURA: | 2.240 mm |
| ALTURA VISTA: | 1.540 mm |
| PESO: | 7.500 mm |
| DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN | |
| LOGITUD: | 4.300 mm |
| FONDO: | 4.300 mm |
| PROFUNDIDAD: | 800 mm |

Tabla n°1.3: Características constructivas Centro de Transformación miniBLOK-24.

1.6.1.3.2- CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

1.6.1.3.2.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE ALIMENTACIÓN

La red a la cual cede la energía el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 15 kV (17,5 kV) y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 519,6 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 20 kA eficaces.

1.6.1.3.2.2.-CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN

➤ Celdas CGMCOSMOS-2LP

El sistema CGMcosmos compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema CGMcosmos modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.



Figura nº 1.33: Celda CGMCOSMOS-2LP.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para las detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la



palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

➤ **Base y frente**

La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda, los accesos a los accionamientos del mando y el sistema de alarma sonora de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el dispositivo de señalización de presencia de tensión y el panel de acceso a los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.



➤ **Cuba**

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,15 bar. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda su vida útil, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, cables o la aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda CGMcosmos y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

➤ **Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra**

Los interruptores disponibles en el sistema CGMcosmos compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

➤ **Mando**

Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

➤ **Fusibles (Celda CGMcosmos-P)**

En las celdas CGMcosmos-P, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se

leve debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

Se han seleccionado unos fusibles de la marca SIBA, aptos para una tensión de utilización de 10/24 kV, de una intensidad nominal de 20 A y un poder de corte de 50kA, superior a la intensidad de cortocircuito en el lado de media tensión (20 kA).



Figura nº 1.34: Fusibles de protección Transformador.

➤ **Conexión de cables**

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

➤ **Enclavamientos**

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGMcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.



➤ Características eléctricas

FUNCIONES DE LÍNEA Y PROTECCIÓN CON FUSIBLES

| CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | Línea | Protección Fusibles | Línea | Protección Fusibles |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 12 kV | | 24 kV | |
| Tensión nominal | | | | |
| Intensidad nominal | | | | |
| En barras e interconexión celdas [A] | 400/630 | 400/630 | 400/630 | 400/630 |
| Acometida de líneas [A] | 400/630 | - | 400/630 | - |
| Bajante Trafo [A] | - | 200 | - | 200 |
| Tensión soportada nominal a frecuencia industrial durante 1min. | | | | |
| Entre fases y entre fases y tierra [kV] | 28 | 28 | 50 | 50 |
| A la distancia de seccionamiento [kV] | 32 | 32 | 60 | 60 |
| Tensión soportada a impulso de tipo rayo | | | | |
| Entre fases y entre fases y tierra [kV] | 75 | 75 | 125 | 125 |
| A la distancia de seccionamiento [kV] | 85 | 85 | 145 | 145 |
| Intensidad de corta duración (circuito principal) | | | | |
| Valor eficaz 1 s [kA] | 16/20*/25 | 16/20*/25 | 16/20*/25 | 16/20*/25 |
| Valor eficaz 3 s [kA] | 16/20* | 16/20* | 16/20* | 16/20* |
| Valor de pico [kA] | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 |
| Poder de corte de corriente principalmente activa [A] | 400/630 | 400 | 400/630 | 400 |
| Poder de corte cables en vacío [A] | 50 | - | 50 | - |
| Poder de corte líneas en vacío [A] | 1,5 | - | 1,5 | - |
| Poder de corte bucle cerrado [A] | 400/630 | - | 400/630 | - |
| Poder de corte de falta a tierra [A] | 300 | - | 300 | - |
| Poder de corte cables en vacío con falta a tierra [A] | 100 | - | 100 | - |
| Poder de cierre del interruptor principal [kA] | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 |
| Categoría de interruptor s/IEC 60265-1 | | | | |
| “E2” [A/kA] | 630/62,5 | - | 630/62,5 | - |
| “E3” [A/kA] | 400/40 [#] | 400/40 [#] | 400/40 [#] | 400/40 [#] |
| “E3” [A/kA] | 630/50 [#] | - | 630/50 [#] | - |
| Poder de apertura de Cortocircuito (fusibles) [kA] | - | 16/20* | - | 16/20* |
| Intensidad de corta duración (circuito de tierras) | | | | |
| Valor eficaz 1 s [kA] | 16/20*/25 | 1/3 | 16/20*/25 | 1/3 |
| Valor eficaz 3 s [kA] | 16/20* | 1/3 | 16/20* | 1/3 |
| Valor de pico [kA] | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 |
| Poder de cierre Secc. de Tierra (valor de pico) [kA] | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 |
| Categoría del Secc. de tierra s/IEC 60129 | E2-M0 | E2-M0 | E2-M0 | E2-M0 |
| Nº de cierres contra cortocircuito | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Corriente de intersección combinado interruptor-relé ekoRPT (I máxima de corte según TD 5 IEC 60420) [A] | - | 1250 | - | 1250 |
| Corriente de transición combinado interruptor-fusible (I máxima de corte según TD 4 IEC 60420) [A] | - | 1500 | - | 1300 |

(*) Ensayos realizados con intensidad 21 kA / 52,5 kA

([#]) Ensayos realizados con tensión 24 kV

Tabla nº1.4: Características eléctricas celdas CGMCOSMOS-2LP.

1.6.1.3.2.3.-TRANSFORMADOR.

Transformador trifásico reductor de tensión de la marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 15 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).



| CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | | | |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|------|
| Potencia en kVA | | 250 | |
| Tensión Asignada | Primario | 24kV | |
| | Secundario en Vacío | 420 entre fases y vacío | |
| Regulación sin Tensión | | $\pm 2,5 \pm 7,5 \pm 10\%$ | |
| Grupo de Conexión | | Dyn11 | |
| Pérdidas en Vacío (W) | | 650 | |
| Pérdidas en Carga (W) | | 3250 | |
| Impedancia de Cortocircuito % a 75°C | | 4 | |
| Intensidad en Vacío al 100% de Vn | | 2 | |
| Nivel de Potencia Acústica | | 62 | |
| Caída de Tensión a Plena Carga (%) | Cos $\ell=1$ | 1,4 | |
| | Cos $\ell=0,8$ | 3,3 | |
| Rendimiento (%) | Carga 100% | Cos $\ell=1$ | 98,5 |
| | | Cos $\ell=0,8$ | 98,1 |
| | Carga 75% | Cos $\ell=1$ | 98,7 |
| | | Cos $\ell=0,8$ | 98,4 |

Tabla nº1.5:Características Transformador COTRADIS-250 KVA..

1.6.1.3.2.4.- CUADRO DE BAJA TENSIÓN

El Cuadro de Baja Tensión CBTO-C, es un conjunto de aparamenta de BT cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro CBTO-C de ORMAZABAL está compuesta por un bastidor aislante, en el que se distinguen las siguientes zonas:

1. Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares:

En la parte superior de CBTO-C existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior. CBTO incorpora 4 seccionadores unipolares para seccionar las barras.

2. Zona de salidas

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se



encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas verticales cerradas (BTV) pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

Características eléctricas:

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1.600 A
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Nivel de aislamiento:
 - Frecuencia industrial (1 min):
 - a tierra y entre fases: 10 Kv
 - entre fases: 2,5 kV
 - Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA
 - Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

Características constructivas:

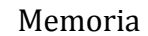
- Anchura: 1000 mm
- Altura: 1360 mm
- Fondo: 350 mm

Según las normas particulares de la empresa distribuidora ERZ-Endesa, los fusibles de protección serán del tipo “gG” y con una poder de corte mínimo de 50 kA.

Par proteger la línea se ha instalado un fusible tipo gL / gG 500 V, tipo NH2 de la marca dfElectric, de una intensidad nominal de 315 A y un poder de corte de 120kA. De esta manera cumplimos la siguiente norma:

$$I < I_{n-fusible} < I_{max conductor}$$

$$160,38 A < I_{n-fusible} < 390 A, \quad I_{n-fusible} = 315 A$$



El material varío del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

Interconexión enchufable apantallada y no accesible de la función de protección de Media Tensión y de la función de transformador mediante conjuntos de unión unipolares de tensión nominal 36 kV ORMALINK de Ormazabal.

La conexión entre el cuadro de BT y el transformador se efectúa mediante barras de cobre de sección 5x80 mm² para cada una de las fases y una barra de sección 5x60 mm² para el neutro, todas ellas fijadas mediante tornillería de M12.

Estas conexiones están ocultas y a la vez protegidas contra el acceso mediante unas envolventes de chapa de 1mm de espesor.

Se ha dispuesto dos instalaciones de puesta a tierra independientes entre sí, una puesta a tierra de protección (masas) y otra puesta a tierra de servicios (neutro de baja tensión).



Las dos tierras debe ser eléctricamente independientes entre sí, de esta forma se evitan posibles accidentes producidos por el paso de tensiones elevadas de unas partes de la instalación a otras, lo que podría suceder si solamente se hiciera una tierra común para todo.

1.6.1.3.2.6.1.- PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para la protección de la instalación del Centro de Transformación de Media Tensión contra accidentes que pudieran provocar el dejar bajo tensión partes de la misma que no debieran estarlo, se instalará un circuito de toma de tierra.

La tensión máxima de contacto aplicada será determinada en función del tiempo de duración del defecto según la fórmula siguiente:

$$V = K / t^n$$

siendo:

$K = 72$ y $n = 1$ para tiempos inferiores a 0'9 segundos.

$K = 78'5$ y $n = 0'18$ para tiempos superiores a 0'9 seg. e inferiores a 3 seg.

t = duración de la falta en segundos.

Para tiempos comprendidos entre 3 y 5 segundos la tensión de contacto aplicada no será superior a 64 V. Para tiempos superiores a 5 segundos, la tensión de contacto aplicada no será superior a 50 V.

Las masas de Alta y Baja tensión, las pantallas metálicas de los cables, enrejados de protección, armaduras metálicas interiores y cuba del transformador, se conectarán a una instalación ó electrodo de puesta a tierra.

Con objeto de independizar la puesta a tierra de las masas con la del neutro de BT, se ha establecido una toma de tierra del neutro de B.T., a una distancia no inferior a 20 m del Centro de Transformación.



Debido a las características del Centro de Seccionamiento, se toma como configuración del electrodo de puesta 25-25/5/42.

Estos electrodos están formados por picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, dispuestas en un cuadrado de 2,5 m x 2,5 m y conectadas mediante un cable de Cu desnudo de 50 mm², tendido en el fondo de una zanja de 0,50 metros de profundidad.

Las puertas y rejillas metálicas que den al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.

En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.

Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

Una vez conectada la red de puesta a tierra, el valor de esta no debe ser inferior a 20 ohmios.

Dando cumplimiento a la MIE RAT-13 y según el método de cálculo descrito por las Normas UNESA para Centros de Transformación de tercera categoría, se adjuntan los cálculos justificativos de las puestas a tierra.

1.6.1.3.2.6.2.- PUESTA A TIERRA DE SERVICIO.

Con objeto de independizarla de la anterior, se establece una toma de tierra del neutro de B.T., a una distancia no inferior a 20 m. del Centro de Transformación.

La línea de tierra, que partirá de la borna de B.T. del neutro del Transformador, se realizará con cable de Cu aislado 0.6/1 kV RV de 50 mm² sección, protegido



en su instalación intemperie con tubo de PVC de 32 mm diámetro. Irá alojado en una zanja de 0.5 m. de profundidad hasta el electrodo de p.a.t.

El electrodo de puesta a tierra estará formado por 4 picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, dispuestas en paralelo y a una distancia de 3 m, garantizando una resistencia de la puesta a tierra de servicio menor de 20 Ω .

1.6.2. LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSIÓN

1.6.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La Línea parte desde el apoyo n°1 situado en el lindero de la parcela, como se especifica en los planos adjuntos, en el cual, se realiza una conversión aero-subterránea. La línea subterránea enlaza el apoyo con el Centro de Transformación prefabricado compacto mediante acometida subterránea. La longitud total de la línea es de 17 m.

1.6.2.2.- ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

Antes de comenzar la selección de los materiales de la instalación, es necesario fijar el nivel de aislamiento mínimo que deberán cumplir. Según ITC-LAT 06, para líneas de tensión nominal 15 kV, de categoría C, el nivel de aislamiento exigido es de 12/20 kV.

➤ Conductor.

El conductor seleccionado es del tipo RHZ1, de las siguientes características:

- Tipo de cable RHZ1
- Sección..... 3x1x150 mm² Al
- Tensión..... 12/20 kV
- Conductor Aluminio
- Aislamiento Polietileno reticulado XLPE
- Pantalla metálica Corona de hilos de Cu 16 mm²
- Cubierta exterior Poliolefina

La intensidad máxima que va circular por el conductor está fijada por la potencia del Centro de Transformación, que es de 250 kVA, luego la intensidad máxima que circulará por conductor es de 9,62 A.

La intensidad máxima admisible para este tipo de conductor para la situación de diseño planteada es de 260 A, que es menor de 9,62 A, luego el conductor seleccionado es apto.

➤ Zanjas

El cable está alojado, en una zanja de 1,20x 0,60 m y se ha tendido, en tresbolillo, sobre un lecho de arena de 6 cm de espesor y sobre ellos se ha dispuesto una capa de la misma arena. Encima de esta capa de arena se colocado una placa de PPC, que servirá de protección mecánica y testigo.

El relleno de las zanjas se ha realizado por compactación mecánica, por tongadas de unos 20 cm de espesor de zahorras. Siendo, el material utilizado para la reposición del pavimento el mismo que él existente a la apertura de la zanja.

ZANJA PARA UN CIRCUITO MEDIA TENSION
EN TIERRA

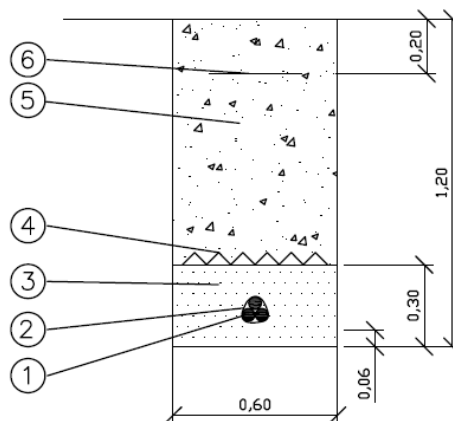


Figura n° 1.36:Zanja línea subterránea de media tensión .

➤ Conversión Aéreo – Subterránea

La conversión de Línea Aérea en Subterránea se ha realizado en el apoyo metálico N°1.



El cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea, está protegido con un tubo de PVC de 32., que se ha empotrado en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 6 m por encima del nivel del terreno (mínimo 2,5 m según R.L.A.T.)

➤ **Puesta a Tierra.**

La pantalla metálica de los conductores se ha conectado a tierra en los dos extremos de la línea, como establece el apartado 4.9. de la ITC-LA-06.

1.6.3.- LÍNEA AEREA DE MEDIA TENSIÓN.

1.6.3.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL

La Línea entroncará en el apoyo existente de la Línea Aérea de Media Tensión de 15 kV, propiedad de la compañía ENDESA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.U. y mediante un vano destensado de 30 m, llegará al apoyo N° 1 de donde se ha realizado una conversión aereo-subterránea.

1.6.3.2- ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

1.6.3.2.1- CONDUCTOR

El conductor seleccionado es del tipo aluminio–acero LA–56, contemplado en la Recomendación UNESA 3408-D. Sus características generales son:

- Designación UNE: LA-56
- Sección total: 54,6 mm²
- Sección equivalente en cobre:..... 30 mm²
- Diámetro total: 9,45 mm
- Composición (N° de alambres Al/Ac):..... 6+1
- Peso del conductor: 0,190 Kg/m
- Carga de rotura: 1.666 daN
- Modulo elástico:..... 8.100 daN/mm²
- Coeficiente de dilatación lineal: 19,1 x 10⁻⁶ °C⁻¹
- Resistencia eléctrica a 20° C: 0,614 ohm/Km



- Reactancia kilométrica:..... 0,394 ohm/Km
- Intensidad admisible: 196 A

1.6.3.2.2.- APOYO

La ejecución de la línea se realiza mediante un vano destensado, y considerando una flecha máxima del conductor de 1m, se ha seleccionado un apoyo metálico de celosía según Recomendación UNESA 6704A, de 12 m de altura con 2.000 daN de esfuerzo en punta, con cruceta horizontal (H3), el cual, soporta con creces los posibles esfuerzos horizontales, longitudinales, verticales y de torsión al que sería sometido.

La fijación del apoyo al terreno, se realiza mediante una cimentación constituida por un dado de hormigón en masa, de una dosificación de 200 kg/m³ y una resistencia mecánica de 125 kg/m². Las dimensiones serán aquellas que marca la Recomendación UNESA correspondiente, Normas de ENDESA o los facilitados por el fabricante.

El apoyo está protegido mediante la instalación de unas placas de protección antiescalo.

1.6.3.2.3- ELEMENTOS DE AISLAMIENTO

El aislamiento estará constituido por cadenas de aisladores del tipo caperuza y vástago formado por los siguientes elementos:

- 1 Grillete GN16
- 1 Anilla bola tipo AB16
- 1 Rotula larga tipo R16P
- 1 Grapa de amarre GA
- 4 Aisladores para cadenas de amarre del tipo U 70 BS (CEI-305) en vidrio templado, de las siguientes características:
 - Tipo..... U 70 BS
 - Paso 127 mm
 - Dimensión acoplamiento 16
 - Línea de fuga por unidad..... 320 mm
 - Carga de rotura mínima..... 70 kN

- Tensión a frecuencia industrial
 - de 1 min. en seco 205 kV
 - de 1 min. bajo lluvia 135 > 50 kV
- Tensión al impulso de choque en seco 320 > 125 kV



Figura nº 1.37: Elementos de las cadenas de aisladores .

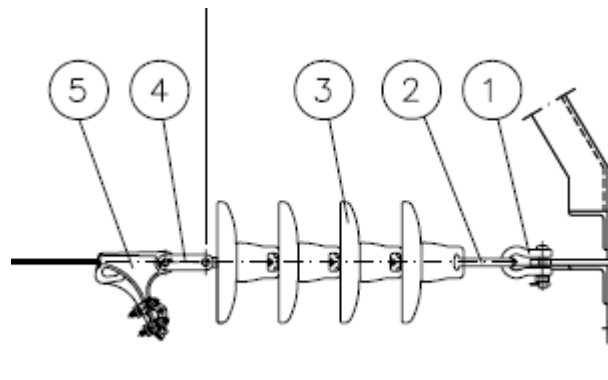


Figura nº1. 38: Esquema de conexión cadena de aisladores .

1.6.3.2.4- APARAMENTA

En el apoyo Nº 1 de conversión aéreo-subterránea, se ha previsto un seccionamiento “XS” y unas autoválvulas como elementos para maniobra y protección en Media Tensión.



1. Seccionador-Cortacircuitos de expulsión Tipo “XS”

Según el R.L.A.T., para líneas de 3ª categoría, los seccionadores deberán cumplir los siguientes requisitos:

1. Para líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV, se podrán utilizar seccionadores unipolares.
2. Sus contactos estarán dimensionados para una intensidad mínima de paso de 200 A.
3. Los seccionadores de intemperie estarán situados a una altura mínima de 5 m.

Según estas condiciones, se ha seleccionado un seccionador cerámico de simple expulsión del fabricante Inael, modelo A-1200 con las siguientes características:

- Tipo A-1200
- Tensión de de aislamiento 24 kV
- Intensidad nominal de la base 200 A
- Poder de corte Simétrico 8 kA
- Poder de corte asimétrico 12 kA
- Tensión soportada a frecuencia industrial (1 min):
 - A masa: 50 kV
 - Seccionamiento 60 kV
- Tensión al impulso de choque (1,2/50 μ s):
 - A masa: 125 kV
 - Seccionamiento 145 kV



Figura nº 1.39: Seccionador-Coracircuitos de expulsión tipo XS .

La base porta-fusibles seleccionada posee las siguientes características:

| | |
|----------------------------------|-------|
| Tensión de aislamiento | 24 kV |
| Intensidad máxima continua | 100 A |



Figura n° 1.40: Base portafusibles seccionador-cortacircuitos de expulsión tipo XS .

A la hora de seleccionar el fusible, hay que tener en cuenta la intensidad que va circular por la línea, que en este caso es de 9,62 A, luego la intensidad nominal del cartucho fusible tendrá que estar comprendida entre 1,6 y 2,5 veces la intensidad nominal que circula por la línea, luego se ha optado por un fusible de la marca Inael, modelo EK-016 de una intensidad nominal de 16 A.



Figura n° 1.41: Fusible de protección seccionador-cortacircuitos de expulsión tipo XS .

2. Pararrayos autoválvulas (INZ-24-10)

Los pararrayos tipo "INZ" están diseñados para sistemas de distribución. Se trata de un aparato sin explosores que incorpora varistores de óxidos metálicos altamente no lineales. La envoltura de porcelana reduce longitud global sin sacrificar línea de fuga.

- Tensión nominal: 24 kV

- Intensidad nominal: 10 kA



Figura nº 1.42: Pararrayo-Autoválvula INZ-24-10 .

3. Terminales conversión aéreo-subterránea

Terminales poliméricos para exterior contractil en frío (12/20kV) formados por:

1. Contacto metálico de Al Cu.
2. Cuerpo aislante de goma de silicona.
3. Repartidor lineal de tensión integrado.
4. Toma de tierra.

La elección de los terminales se realiza en función del nivel de aislamiento requerido, que en nuestro caso es de 12/20 kV.

Se ha seleccionado un terminal de la marca Prysmian, modelo PCT-25-J2, para tensión de aislamiento 12/20kV y una sección de 150 mm² (sección de la línea subterránea instalada), de una longitud de 368 mm y una línea de fuga de 578mm.

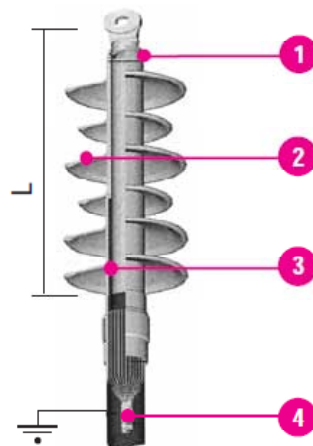


Figura nº 1.43: Terminal para conversión aéreo-subterránea .



1.6.3.2.5.- CIMENTACIÓN

Las cimentaciones del apoyo será de hormigón en masa, de una resistencia mecánica de 125 Kg/cm², del tipo monobloque.

El bloque de cimentación sobresale del terreno, como 20 cm, formando zócalo, con objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones.

Las dimensiones son las indicadas en el anexo de cálculos.

1.6.3.2.6- TOMA DE TIERRA

Para el diseño de la toma de tierra del apoyo se ha optado por un anillo alrededor del apoyo, de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m como mínimo de las aristas del macizo de cimentación. El conductor de toma de tierra se ha depositado en una zanja a 0,8 m de profundidad y fijado mediante la colocación de cuatro picas de tierra de 2 m de longitud. El conductor de puesta a tierra es de 50 mm² de sección.

Mediante este sistema se garantiza que la resistencia de puesta a tierra del apoyo no será superior a 20 Ω .

A esta línea de tierra se conectarán todas las partes metálicas del apoyo, además de los sistemas de protección (autoválvulas). La conducción del conductor de tierra desde la base hasta la profundidad a la que se ha fijado el conductor se ha realizado mediante tubería PVC de Ø 32mm.

1.6.3.2.7.- DISTANCIA DE SEGURIDAD

Para el diseño tanto del apoyo, como de la cadena de aisladores se ha consideran tres tipos de distancias eléctricas:

D_{el}: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. D_{el} puede ser tanto interna cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, o externas, cuando se consideran distancias del conductor a un obstáculo.



D_{pp} : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. D_{pp} es una distancia interna.

a_{som} : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias internas y externas:

- a. La distancia eléctrica, D_{el} , previene descargas eléctricas entre partes en tensión y objetos a potencial tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.
- b. La distancia eléctrica D_{pp} , previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayo.
- c. Es necesario añadir a la distancia externa D_{el} , una distancia de aislamiento adicional D_{add} , para que en las distancias mínimas de seguridad a suelo, a zonas eléctricas, a zonas de arbolado, etc, se asegure que las personas o objetos no se acerquen a una distancia menor D_{el} de la línea eléctrica.
- d. La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, a_{som} , debe de ser siempre mayor que la descarga a través de cualquier objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe de ser mayor sobre la distancia interna a_{som} , que a objetos externo o personas. Por este motivo, la distancia externa de seguridad ($D_{add} + D_{el}$) deben ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som} .

Los valores indicados D_{el} , y D_{pp} , en función de la tensión más elevada de la línea U_s , serán los indicados en la siguiente tabla:



| Tensión más elevada de la red U_s (kV) | D_{el} (m) | D_{pp} (m) |
|--|--------------|--------------|
| 3,6 | 0,08 | 0,10 |
| 7,2 | 0,09 | 0,10 |
| 12 | 0,12 | 0,15 |
| 17,5 | 0,16 | 0,20 |
| 24 | 0,22 | 0,25 |
| 30 | 0,27 | 0,33 |
| 36 | 0,35 | 0,40 |
| 52 | 0,60 | 0,70 |
| 72,5 | 0,70 | 0,80 |
| 123 | 1,00 | 1,15 |
| 145 | 1,20 | 1,40 |
| 170 | 1,30 | 1,50 |
| 245 | 1,70 | 2,00 |
| 420 | 2,80 | 3,20 |

Tabla n°1.6: Distancias de aislamiento mínimas en líneas aéreas de media tensión.

En nuestra línea de 15 kV, de 17,5kV de tensión más elevada de la red, le corresponden unos valores de $D_{el}=0,16$ m y $D_{pp}=0,20$ m.

1.6.3.2.7.1.- DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores de fase se determina por la fórmula siguiente:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Donde:

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K= Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la siguiente tabla.
- K': Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea $K'=0,85$ para líneas de categoría especial y $K'=0,75$ para el resto de líneas.
- F: Flecha máxima en metros.

- L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoya por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.
- D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados, para cada caso de carga, por el cociente de las sobrecarga del viento dividida por el peso propio más la sobrecarga de hielo si procede según la zona, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada para una velocidad de viento de 120 km/h. En función de estos y de la tensión nominal de la línea se establecen unos coeficientes K que se dan en la siguiente tabla:

| Angulo de oscilación | Valores de K | |
|-----------------------------|--|--|
| | Líneas de tensión nominal superior a 30 kV | Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV |
| Superior a 65° | 0,7 | 0,65 |
| Comprendido entre 40° y 65° | 0,65 | 0,6 |
| Inferior a 40° | 0,6 | 0,55 |

Tabla nº1.7: Valores de factor K en función del ángulo de oscilación y la tensión nominal de la línea aérea.

Según los resultados obtenidos en el anexo de cálculos, la distancia mínima entre conductores es de 0,8 m. Con la cruceta seleccionada para el apoyo, la distancia entre los conductores es de 1,75 m > 0,8 m.

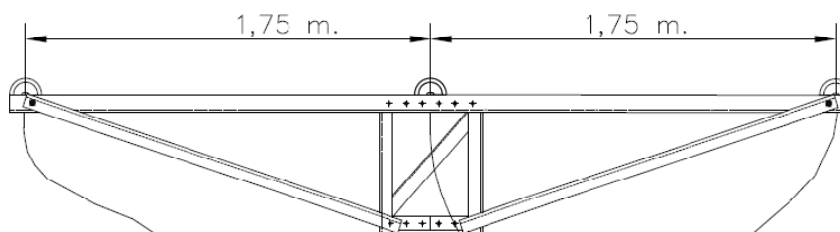


Figura nº 1.44: Separación de conductores en cruceta H-3



1.6.3.2.7.2.- DISTANCIAS AL TERRENO

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ en metros}$$

Con un mínimo de 6 metros. No obstante, en lugares de difícil acceso las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Cuando las líneas atraviesen explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas la altura mínima será de 7 metros, con objeto de evitar accidentes por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.

1.6.3.2.7.3.- DISTANCIA DE AISLAMIENTO.

Para el dimensionamiento de la cadena de aisladores, se ha tenido en cuenta la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido (D_{el}), que para una línea de 17,5 kV de tensión más elevada, según el R.L.A.T es de 0,16 m, aunque la mínima distancia se considera 0,20 m.

Otra de las separaciones que se ha tenido en cuenta a la hora del diseño de la cadena de aisladores, es la que debe de cumplir la línea para la protección de la avifauna. Esta separación viene marcada por el RD 34/2005, del 28 de febrero, por el cual, se deben de utilizar cadenas de aisladores que aseguren una distancia mayor de 0,7m desde la zona de posada al punto más próximo en tensión.

Mediante la instalación de 4 aisladores U 70 BS, se consigue una distancia de 0,74 m, que es mayor a la exigida.

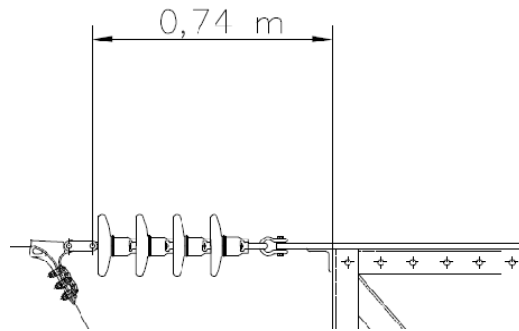


Figura n° 1.45: Distancia de aislamiento mediante cadena de aislamiento

2.-ESTUDIO DE PRODUCCIÓN



2.- ESTUDIO DE PRODUCCIÓN

En este apartado se pretende determinar la producción anual esperada para los dos tipos de sub-generadores en estudio, además de las tres configuraciones posibles propuestas en la memoria.

2.1.- DATOS DE RADIACIÓN

En la siguiente tabla se muestran los datos de radiación para la parcela en estudio (Latitud: 41°31'15", Longitud: -1°29'55"). Estos datos se han obtenido a partir de la aplicación PVsyst 5.0.3., utilizando como base de datos climática, la proporcionada por la página web <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>, (Photovoltaic Geographical Information System - PVGIS).

Los datos obtenidos son los siguientes:

| MESES | RADIACIÓN HORIZONTAL | | RADIACIÓN PLANO INCLINADO 35° | | | RADIACIÓN PLANO SEGUIDOR SOLAR | | |
|------------|---------------------------|---------------------------|---|---|-------------------------------------|---|---|-------------------------------------|
| | Gdm(0) (kWh/m2 día) | Gdm(0) (kWh/m2 mes) | Gdm(α,β) Plano módulos fijos [kWh/m2 día] | Gdm(α,β) Plano módulos fijos [kWh/m2 mes] | E Irradiancia Solar [W/m2] | Gdm(α,β) Plano seguidores [kWh/m2 día] | Gdm(α,β) Plano seguidores [kWh/m2 mes] | E Irradiancia Solar [W/m2] |
| Enero | 1,61 | 50,00 | 3,00 | 93,10 | 93,06 | 2,65 | 82,10 | 82,14 |
| Febrero | 2,42 | 67,70 | 3,58 | 100,20 | 100,25 | 3,72 | 104,10 | 104,14 |
| Marzo | 3,82 | 118,30 | 5,01 | 155,40 | 155,39 | 5,50 | 170,40 | 170,39 |
| Abril | 4,56 | 136,80 | 5,10 | 152,90 | 152,92 | 5,81 | 174,30 | 174,28 |
| Mayo | 5,69 | 176,30 | 5,70 | 176,60 | 176,61 | 7,20 | 223,20 | 223,17 |
| Junio | 6,47 | 194,10 | 6,01 | 180,20 | 180,17 | 8,19 | 245,60 | 245,64 |
| Julio | 6,57 | 203,70 | 6,23 | 193,10 | 193,08 | 8,35 | 259,00 | 258,94 |
| Agosto | 5,80 | 179,90 | 5,94 | 184,10 | 184,11 | 7,53 | 233,40 | 233,36 |
| Septiembre | 4,55 | 136,40 | 5,56 | 166,70 | 166,67 | 6,36 | 190,90 | 190,89 |
| Octubre | 2,97 | 92,10 | 4,37 | 135,60 | 135,56 | 4,51 | 139,80 | 139,81 |
| Noviembre | 1,80 | 53,90 | 3,16 | 94,80 | 94,83 | 2,90 | 87,10 | 87,11 |
| Diciembre | 1,34 | 41,50 | 2,62 | 81,10 | 81,06 | 2,34 | 72,50 | 72,53 |

Tabla nº 2.1: Datos de radiación parcela en estudio

Donde:



- $G_{dm}(0)$: Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal en kWh/m².dia.
- $G_{dm}(\alpha, \beta)$: Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador para orientación e inclinación óptimas en kWh/m².dia.
- E : Irradiancia solar en el plano receptor, en W/m² mes. ($G_{dm}(\alpha, \beta) / N^\circ$ horas de sol útiles)

2.2.- CALCULO DE RATIOS DE FUNCIONAMIENTO

En este apartado se va a realizar una estimación de rendimientos por diversos factores. Para ello, primero es necesario definir una serie de parámetros, que se muestran a continuación, y que dependen la mayoría de las características técnicas de los equipos utilizados.

➤ **FS: Factor de rendimiento por sombreado.**

Representa las pérdidas de radiación solar que experimenta una superficie debidas a sombras circunstanciales. Este rendimiento se expresa como porcentaje de la radiación solar global que incide sobre la superficie cuando existe sombra alguna.

Para nuestro sistema en estudio, la pérdidas por sombreado son las siguientes:

- Sub-generador 1: 1,4%.
- Sub-generador 2: 0,2%

➤ **L_{pol} : Factor de rendimiento por polución ambiental.**

La suciedad acumulada sobre la cubierta transparente del panel reduce el rendimiento del mismo y puede producir efectos de inversión similares a los provocados por las sombras.

Las capas de polvo que reducen la intensidad del sol de forma uniforme no son peligrosas y la reducción de la potencia no suele ser significativa.



Este factor depende de la inclinación de los módulos, cercanías a carreteras, etc. Una causa importante de pérdidas ocurre cuando los módulos fotovoltaicos que tienen células solares muy próximas al marco situado en la parte inferior del mismo.

La instalación se encuentra ubicada lejos de grandes urbes y zonas industriales por lo que se ha considerado un nivel de polución ambiental del 3%.

➤ **L_{cab} : Factor de rendimiento por pérdidas en conductores de continua.**

En los paneles fotovoltaicos por su propia configuración carente de partes móviles, con el circuito interior de las células y las soldaduras de conexión muy protegidas del ambiente exterior por capas de material protector, la disminución del rendimiento por pérdidas de continua es escasa.

Normalmente las pérdidas en conmutadores, fusibles y diodos son muy pequeñas y no es necesario considerarlas, mientras que las caídas en el cableado sí pueden llegar a ser muy importantes cuando son largos y se opera a baja tensión en CC. Concretamente, para cualquier condición de trabajo y según las especificaciones, los conductores de la parte de CC deberán de tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior al 1,5%.

➤ **L_{dis} : Factor de rendimiento por dispersión de parámetros en módulos.**

Todos los paneles fotovoltaicos son simulados en los laboratorios de ensayo por medio de un simulador solar. Para medir su respuesta se establece una serie de condiciones bajo las cuales se debe realizar dicha medida, como son una intensidad radiante de 1.000W/m² y una temperatura de célula de 25°C. El número de células en serie de que consta el panel y el tipo de material semiconductor influyen en los resultados obtenidos.

Las condiciones de trabajo reales de los paneles una vez instalados pueden ser muy diferentes a las del laboratorio. A la hora de llevar a cabo la instalación cada uno de los paneles conectados en serie tendrá su propia curva de i-V y, por tanto, su propio punto de máxima potencia (I_{mp} , V_{mp}) que no tiene por qué

coincidir con el resto de paneles conectados en la misma rama en serie. Es casi imposible conseguir que todos los módulos fotovoltaicos conectados en serie trabajen en el punto de máxima potencia, que sería lo óptimo. Por tanto, el factor de rendimiento por dispersión de parámetros en módulos, mide las pérdidas en rendimiento de toda la instalación debido a la desviación respecto del punto de máxima potencia de cada panel.

Para nuestro estudio, hemos considerado las pérdidas por dispersión son del 2%, según la tabla III del Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E.

➤ η_{inversor} : **Rendimiento del inversor.**

Dos de los parámetros que definen las características del convertidor CC-CA son la potencia nominal y la eficiencia.

La eficacia del convertidor está definida como la relación entre la potencia que éste entrega a la utilización y la potencia que el convertidor extrae de los paneles, en función de la carga. Por tanto, tal y como se representa en la siguiente gráfica, la eficacia depende del valor de la potencia de salida.

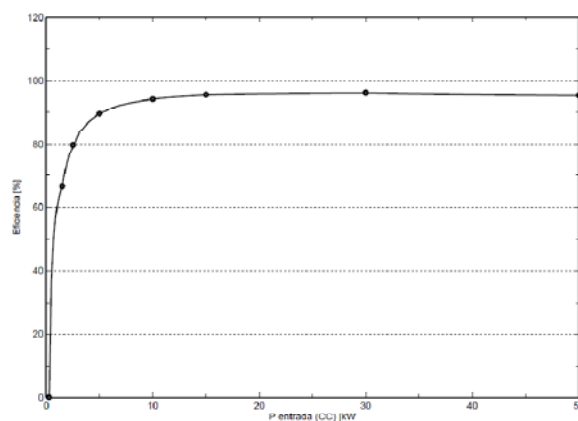


Figura nº 2.1: Curva eficiencia inversor.

Por otro lado, la potencia de salida en los inversores situados en una instalación fotovoltaica se ve afectada por la temperatura a la que se encuentra el ambiente, así a medida que la temperatura aumenta la potencia de salida disminuye.



Por eso, tanto el rendimiento del inversor como en consecuencia el de la instalación, se ven afectados por la temperatura ambiente.

Para nuestro estudio, se ha considerado la eficiencia máxima del inversor seleccionado, que es del 96%.

➤ **L_{tem} : Factor de rendimiento por pérdidas por temperatura en módulos.**

Las pérdidas por temperatura dependen de la diferencia de temperatura en los módulos entre la real y los 25°C de las condiciones estándar de medida, del tipo de célula, del encapsulado y del viento.

En las curvas de variación con la temperatura de las magnitudes características del panel suministradas por el proveedor se puede comprobar cómo la potencia del panel disminuye un 0,4% por cada grado de aumento de la temperatura de la célula por encima de los 25°C.

El factor de rendimiento por pérdidas por temperatura se obtiene a partir del coeficiente de temperatura de potencia del panel, facilitado por el fabricante en la tabla de características (-0,40 %/°C); este coeficiente permite calcular la pérdida de rendimiento en función de la temperatura de la célula.

Este factor varía a lo largo del año según la temperatura atmosférica de la zona en la que se lleva cabo la instalación, como es lógico, el rendimiento por pérdidas de temperatura es menor durante los meses de verano que durante los de invierno.

Este factor se ha calculado mediante la siguiente expresión:

$$L_c = g * (T_c - 25^\circ)$$

Donde:

g : Coeficiente de temperatura de la potencia, en 1/°C.

T_c : Temperatura de las células solares, en °C.



La temperatura de las células solares se ha calculado mediante la siguiente expresión:

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \cdot E/800$$

Donde:

T_c : Temperatura de las células solares, en °C.

TONC: Temperatura de operación nominal del módulo.

E: Irradiancia Solar, en W/m^2 .

- **L_{dis} : Factor de rendimiento por pérdidas por reflectancia angular espectral.**

Las **pérdidas por reflectancia angular y espectral** se dan sobre el vidrio y la superficie de los módulos, pueden despreciarse al mediodía solar (± 2 h). Las pérdidas anuales son mayores en células con capas antirreflexivas que en células texturizadas, también son mayores en invierno que en verano, y en localidades con mayor altitud.

Para nuestro estudio, se ha tomado un valor de pérdidas por reflectancia del 3%.

- **P_{tol} : Factor de pérdidas por tolerancia de la potencia del panel.**

En los paneles fotovoltaicos se puede producir una variación de entrega de potencia que viene indicada por el fabricante del módulo.

El módulo seleccionado en nuestro estudio posee una tolerancia de potencia del $\pm 3\%$.

2.3.- CALCULO DEL PERFORMANCE RATIO

El rendimiento total de la instalación o performance ratio, se calculará de la siguiente manera:

$$PR = (1 - L_{cab}) \cdot (1 - L_{term}) \cdot R_{to,var} \cdot (1 - P_{tol}) \cdot FS \cdot \eta_{inver}$$

Donde:



$R_{to,var}$: Rendimiento, que incluye los porcentajes de pérdidas debidas a que los módulos fotovoltaicos operan, normalmente, en condiciones diferentes de las CEM.

$$R_{to,var} = (1 - L_{pol}) \cdot (1 - L_{dis}) \cdot (1 - L_{ref})$$

Los valores de pérdidas están expresados en tanto por uno.

Teniendo en cuenta los valores anteriormente comentados, el performance ratio de la instalación en estudio será el expresado en las siguientes tablas:



| MESES | Lcab CC | (1-Lcab CC) | Ta | E (MJ/m ²) | E (W/m ²) | TONC | Tc | g | Lterm | (1-Lterm) | Lpol | Ldis | Lref | (1-Lpol) | (1-Ldis) | (1-Lref) | Rto,var | Ptol | (1-Ptol) | FS | η | PR |
|------------|------------|----------------|-------|---------------------------|--------------------------|------|-------|-------|---------|-----------|------|------|------|----------|----------|----------|---------|------|----------|-------|------|-------|
| Enero | 0,006 | 0,9940 | 6,43 | 335 | 93,06 | 45 | 9,34 | 0,004 | -0,0626 | 1,0626 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,894 |
| Febrero | 0,006 | 0,9940 | 7,79 | 360,9 | 100,25 | 45 | 10,92 | 0,004 | -0,0563 | 1,0563 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,889 |
| Marzo | 0,006 | 0,9940 | 9,88 | 559,4 | 155,39 | 45 | 14,74 | 0,004 | -0,0411 | 1,0411 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,876 |
| Abril | 0,006 | 0,9940 | 11,92 | 550,5 | 152,92 | 45 | 16,70 | 0,004 | -0,0332 | 1,0332 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,869 |
| Mayo | 0,006 | 0,9940 | 15,72 | 635,8 | 176,61 | 45 | 21,24 | 0,004 | -0,0150 | 1,0150 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,854 |
| Junio | 0,006 | 0,9940 | 19,4 | 648,6 | 180,17 | 45 | 25,03 | 0,004 | 0,0001 | 0,9999 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,841 |
| Julio | 0,006 | 0,9940 | 22,82 | 695,1 | 193,08 | 45 | 28,85 | 0,004 | 0,0154 | 0,9846 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,829 |
| Agosto | 0,006 | 0,9940 | 22,75 | 662,8 | 184,11 | 45 | 28,50 | 0,004 | 0,0140 | 0,9860 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,830 |
| Septiembre | 0,006 | 0,9940 | 19,62 | 600 | 166,67 | 45 | 24,83 | 0,004 | -0,0007 | 1,0007 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,842 |
| Octubre | 0,006 | 0,9940 | 15,15 | 488 | 135,56 | 45 | 19,39 | 0,004 | -0,0225 | 1,0225 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,860 |
| Noviembre | 0,006 | 0,9940 | 9,74 | 341,4 | 94,83 | 45 | 12,70 | 0,004 | -0,0492 | 1,0492 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,883 |
| Diciembre | 0,006 | 0,9940 | 7 | 291,8 | 81,06 | 45 | 9,53 | 0,004 | -0,0619 | 1,0619 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,986 | 0,96 | 0,894 |

Tabla n° 2.2: Cálculo PR Sub-generador 1

Donde:

T_a: Temperatura ambiental.



| MESES | Lcab CC | (1-Lcab CC) | Ta | E (MJ/m2) | E (W/m2) | TONC | Tc | g | Lterm | (1-Lterm) | Lpol | Ldis | Lref | (1-Lpol) | (1-Ldis) | (1-Lref) | Rto,var | Ptol | (1-Ptol) | FS | η | PR |
|------------|---------|-------------|-------|--------------|-------------|------|-------|-------|---------|-----------|------|------|------|----------|----------|----------|---------|------|----------|-------|--------|-------|
| Enero | 0,00959 | 0,9904 | 6,43 | 295,7 | 82,14 | 45 | 9,00 | 0,004 | -0,0640 | 1,0640 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,903 |
| Febrero | 0,00959 | 0,9904 | 7,79 | 374,9 | 104,14 | 45 | 11,04 | 0,004 | -0,0558 | 1,0558 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,896 |
| Marzo | 0,00959 | 0,9904 | 9,88 | 613,4 | 170,39 | 45 | 15,20 | 0,004 | -0,0392 | 1,0392 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,882 |
| Abril | 0,00959 | 0,9904 | 11,92 | 627,4 | 174,28 | 45 | 17,37 | 0,004 | -0,0305 | 1,0305 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,875 |
| Mayo | 0,00959 | 0,9904 | 15,72 | 803,4 | 223,17 | 45 | 22,69 | 0,004 | -0,0092 | 1,0092 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,857 |
| Junio | 0,00959 | 0,9904 | 19,4 | 884,3 | 245,64 | 45 | 27,08 | 0,004 | 0,0083 | 0,9917 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,842 |
| Julio | 0,00959 | 0,9904 | 22,82 | 932,2 | 258,94 | 45 | 30,91 | 0,004 | 0,0236 | 0,9764 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,829 |
| Agosto | 0,00959 | 0,9904 | 22,75 | 840,1 | 233,36 | 45 | 30,04 | 0,004 | 0,0202 | 0,9798 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,832 |
| Septiembre | 0,00959 | 0,9904 | 19,62 | 687,2 | 190,89 | 45 | 25,59 | 0,004 | 0,0023 | 0,9977 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,847 |
| Octubre | 0,00959 | 0,9904 | 15,15 | 503,3 | 139,81 | 45 | 19,52 | 0,004 | -0,0219 | 1,0219 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,867 |
| Noviembre | 0,00959 | 0,9904 | 9,74 | 313,6 | 87,11 | 45 | 12,46 | 0,004 | -0,0502 | 1,0502 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,891 |
| Diciembre | 0,00959 | 0,9904 | 7 | 261,1 | 72,53 | 45 | 9,27 | 0,004 | -0,0629 | 1,0629 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,9221 | 0,03 | 0,97 | 0,998 | 0,96 | 0,902 |

Tabla n° 2.3: Cálculo PR Sub-generador 2

Donde:

T_a: Temperatura ambiental.



2.4.-PRODUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La estimación de energía inyectada en kWh/día se calcula mediante la expresión:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{cem}} \left(\frac{kWh}{día} \right)$$

Donde:

- E_p : Energía inyectada, en KWh/día.
- P_{mp} : Potencia pico del generador, en kW.
- PR : Performance Ratio de la instalación.
- G_{cem} : 1 KW/m².

Luego, para los sub-generadores en estudio, obtendremos los siguientes datos estimados de la producción:

- En el sub-generador 1, se obtiene una producción anual de 89.368,66 KWh.
- En el sub-generador 2, se obtiene una producción anual de 103.522,82 KWh.

La obtención de la estimación de todas las configuraciones en estudio se obtiene combinando los valores de producción estimados para la los dos tipos de sub-generadores calculados, obteniendo el siguiente resultado:

| | Configuración I | Configuración II | Configuración III |
|-----------------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| PRODUCCIÓN (KWh/año) | 178.737,33 | 192.891,48 | 207.045,64 |

Tabla n° 2.4: Producción anual estimada de las configuraciones

La producción anual de la configuración I, será el doble de la producción anual del sub-generador 1.

La producción anual de la configuración II, será la suma de la producción anual del sub-generador 1 y del sub-generador 2.

La producción anual de la configuración III, será el doble de la producción anual del sub-generador 2.



| MESES | DIAS | Gdm(0) (kWh/m2 día) | Gdm(0) (kWh/m2 mes) | Gdm(α,β) Plano módulos fijos [kwh/m2 mes] | Gdm(α,β) Plano módulos fijos [kwh/m2 día] | Pmp [kw] | Gcem (1 kw/m2) | PR | Ep [kwh/día] | Ep[Kwh/mes] |
|------------|------|---------------------------|---------------------------|---|---|-------------|-------------------|------|-----------------|------------------|
| Enero | 31 | 1,61 | 50 | 93,1 | 3,00 | 60,8 | 1 | 0,89 | 163,29 | 5.061,96 |
| Febrero | 28 | 2,42 | 67,7 | 100,2 | 3,58 | 60,8 | 1 | 0,89 | 193,41 | 5.415,49 |
| Marzo | 31 | 3,82 | 118,3 | 155,4 | 5,01 | 60,8 | 1 | 0,88 | 267,02 | 8.277,60 |
| Abril | 30 | 4,56 | 136,8 | 152,9 | 5,10 | 60,8 | 1 | 0,87 | 269,43 | 8.083,02 |
| Mayo | 31 | 5,69 | 176,3 | 176,6 | 5,70 | 60,8 | 1 | 0,85 | 295,86 | 9.171,80 |
| Junio | 30 | 6,47 | 194,1 | 180,2 | 6,01 | 60,8 | 1 | 0,84 | 307,30 | 9.218,96 |
| Julio | 31 | 6,57 | 203,7 | 193,1 | 6,23 | 60,8 | 1 | 0,83 | 313,80 | 9.727,80 |
| Agosto | 31 | 5,80 | 179,9 | 184,1 | 5,94 | 60,8 | 1 | 0,83 | 299,60 | 9.287,61 |
| Septiembre | 30 | 4,55 | 136,4 | 166,7 | 5,56 | 60,8 | 1 | 0,84 | 284,51 | 8.535,19 |
| Octubre | 31 | 2,97 | 92,1 | 135,6 | 4,37 | 60,8 | 1 | 0,86 | 228,83 | 7.093,87 |
| Noviembre | 30 | 1,80 | 53,9 | 94,8 | 3,16 | 60,8 | 1 | 0,88 | 169,64 | 5.089,09 |
| Diciembre | 31 | 1,34 | 41,5 | 81,1 | 2,62 | 60,8 | 1 | 0,89 | 142,14 | 4.406,27 |
| Promedio | | 3,97 | 120,89 | 142,82 | 4,69 | 60,80 | 1 | 0,86 | 244,57 | 7.447,39 |
| | | | | | | | | | TOTAL: | 89.368,66 |

Tabla n°2.5: Estimación de la producción anual para el sub-generador 1.



| MESES | DIAS | Gdm(0) (kWh/m2 día) | Gdm(0) (kWh/m2) | Gdm(α,β) Plano seguidores [kwh/m2 mes] | Gdm(α,β) Plano seguidores [kwh/m2 día] | Pmp [kw] | Gcem (1 kw/m2) | PR | Ep [kwh/día] | Ep[Kwh/mes] |
|------------|------|---------------------------|--------------------|---|--|-------------|-------------------|------|-----------------|-------------------|
| Enero | 31 | 1,61 | 50 | 82,1 | 2,65 | 60,8 | 1 | 0,90 | 145,41 | 4.507,66 |
| Febrero | 28 | 2,42 | 67,7 | 104,1 | 3,72 | 60,8 | 1 | 0,90 | 202,56 | 5.671,57 |
| Marzo | 31 | 3,82 | 118,3 | 170,4 | 5,50 | 60,8 | 1 | 0,88 | 294,75 | 9.137,40 |
| Abril | 30 | 4,56 | 136,8 | 174,3 | 5,81 | 60,8 | 1 | 0,87 | 308,96 | 9.268,77 |
| Mayo | 31 | 5,69 | 176,3 | 223,2 | 7,20 | 60,8 | 1 | 0,86 | 374,96 | 11.623,68 |
| Junio | 30 | 6,47 | 194,1 | 245,6 | 8,19 | 60,8 | 1 | 0,84 | 418,94 | 12.568,06 |
| Julio | 31 | 6,57 | 203,7 | 259 | 8,35 | 60,8 | 1 | 0,83 | 420,93 | 13.048,72 |
| Agosto | 31 | 5,80 | 179,9 | 233,4 | 7,53 | 60,8 | 1 | 0,83 | 380,67 | 11.800,85 |
| Septiembre | 30 | 4,55 | 136,4 | 190,9 | 6,36 | 60,8 | 1 | 0,85 | 327,59 | 9.827,65 |
| Octubre | 31 | 2,97 | 92,1 | 139,8 | 4,51 | 60,8 | 1 | 0,87 | 237,81 | 7.372,04 |
| Noviembre | 30 | 1,80 | 53,9 | 87,1 | 2,90 | 60,8 | 1 | 0,89 | 157,33 | 4.719,89 |
| Diciembre | 31 | 1,34 | 41,5 | 72,5 | 2,34 | 60,8 | 1 | 0,90 | 128,28 | 3.976,55 |
| Promedio | | 3,97 | 120,89 | 165,20 | 5,42 | 60,80 | 1 | 0,87 | 283,18 | 8.626,90 |
| | | | | | | | | | TOTAL: | 103.522,82 |

Tabla n°2.6: Estimación de la producción anual para el sub-generador 2.

3.-PRESUPUESTO



| 3.1.-PRESUPUESTO SUB GENERADOR 1 | | UD | P.U. | TOTAL |
|----------------------------------|---|----|--------|--------------|
| 1. GENERADOR SOLAR | | | | |
| 1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | | | | |
| 1.1.1 | Módulo fotovoltaico BS-190-S5 Módulo fotovoltaico BS-190-S5 de 190Wp del fabricante BRISBAN, compuesto por células policristalinas en marco de aluminio con cubierta frontal de vidrio, protección posterior de Tedlar y caja de diodos de bypass. Características principales: Tensión máxima admisible: 1.000 Vdc. Ppico: 190 Wp +/- 3% Voc: 44,85 V; Um: 36,60 V; Im:5,20 A; Isc: 5,60 A; Rendimiento: 15% Dimensiones: 1480x985x50 mm. Incluso montaje y conexionado. | Ud | 320,00 | 365,16 € |
| | | | | 116.851,20 € |
| | Módulo BS-190-S5. | Ud | 1,00 | 361 |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,15 | 14,04 € |
| | Oficial 2ª Electricista | h | 0,15 | 13,69 € |
| | | | | 361,00 € |
| | | | | 2,11 € |
| | | | | 2,05 € |
| 1.1.2. | Estructura de montaje MQ Estructura de montaje MQ de Hilti basada en perfiles simples, perfiles dobles y accesorios de acero galvanizado. Totalmente instalado. | Ud | 20,00 | 214,14 € |
| | | | | 4.282,80 € |
| | Perfil Simple MQ-41-2m | Ud | 1,00 | 3,65 € |
| | Perfil Doble MQ-41-D 3m | Ud | 1,00 | 6,84 € |
| | Conector longitudinal | Ud | 1,00 | 4,83 € |
| | Apoyo de carril MQP-21-72 | Ud | 1,00 | 6,35 € |
| | Base giratoria MQP-G | Ud | 1,00 | 12,40 € |
| | Tornillo tuerca carril MQN M10 | Ud | 1,00 | 0,65 € |
| | Pinza final MSP-MQ-EC | Ud | 1,00 | 1,95 € |
| | Pinza intermedia MSP-MQ-MC | Ud | 1,00 | 1,95 € |
| | Anclaje estándar rosca externa | Ud | 1,00 | 0,40 € |
| | Hormigón cimentación zapata | m3 | 1,26 | 66,13 € |
| | Oficial de segunda | h | 1,50 | 12,32 € |
| | Peón especializado | h | 3,00 | 12,32 € |
| | Peón de albañilería | h | 3,00 | 12,12 € |
| | | | | 36,96 € |
| | | | | 36,36 € |



| | | | | |
|---|----|-------|----------|-----------------|
| 1.1.3 Cuadro de grupo | Ud | 1,00 | 596,02 € | 596,02 € |
| <p>Conjunto de cuadro formado por: Cuadro de distribución estanco marca Himel modelo CRN-65/200 con puerta ciega y cerradura, protegido contra contactos indirectos de doble aislamiento según Norma EN 61140, grado de protección: IP65. Medidas: 600x500x200 mm o similar. Armario metálico de construcción en cruz modelo, CR-35200 BO, de Himel con tapa atornillada. Pintado exteriormente e interiormente con resina de poliéster-exposi color gris RAL-7032, IK 10, tapa fijada mediante 4 tornillos imperdibles, 4 pernos en el fondo para fijación de la placa, placa de montaje, soporte para embarrado, pletinas de embarrado. Se colocará una por cada subgrupo de la instalación según indica el plano. Éste cuadro es una caja de registro/conexiones de cada subgrupo, en el que se incluye los fusibles de protección del mismo, los varistores y el interruptor-seccionador de CC del ramal, así como queda indicado en los planos. Completamente montado e instalado.</p> | | | | |
| Armario CRN-65/200 | Ud | 1,00 | 71,10 € | 71,10 € |
| Armario CR-35200 BO | Ud | 1,00 | 14,22 € | 14,22 € |
| Placa de montaje MR-65 | Ud | 1,00 | 33,49 € | 33,49 € |
| Placa de montaje MM-35 | Ud | 1,00 | 8,16 € | 8,16 € |
| Conjunto soporte de placa desplazable SDCR 200 | Ud | 1,00 | 13,01 € | 13,01 € |
| Fijación poste SFPCRN 600 | Ud | 1,00 | 1,74 € | 1,74 € |
| Tuerca fijación placa TFP 4 | Ud | 21,00 | 0,17 € | 3,53 € |
| Tonillo fijación placa TOR 16/4A | Ud | 21,00 | 0,08 € | 1,76 € |
| Carril DIN doble perfil 35mm - CDP60 | Ud | 3,00 | 4,26 € | 12,78 € |
| Patas fijación regleta puesta a tierra EDCOS | Ud | 1,00 | 6,57 € | 6,57 € |
| Regleta de tierra perforada BTC CRN | Ud | 1,00 | 12,78 € | 12,78 € |
| Conexión a tierra de puerta CTI 17/6 | Ud | 2,00 | 2,21 € | 4,42 € |
| Placa entrada salida de cables TSA24/23 SIN EN | Ud | 1,00 | 33,44 € | 33,44 € |
| Entrada cónica para salida de cables IP 67, ECIB M25 | Ud | 2,00 | 0,02 € | 0,04 € |
| Marco yuxtaposición para unión de cuadros | Ud | 1,00 | 13,43 € | 13,43 € |
| BU/CRN 4318 | | | | |
| Pletina de cobre para embarrado PFC-25. | Ud | 2,00 | 3,15 € | 6,30 € |
| Fijación de cables a pletina de cobre BPCH 1050 | Ud | 10,00 | 0,32 € | 3,20 € |



| | | | | | |
|--------------|---|----|-------|----------|-------------------|
| | Aisladores para pletina de embarrado Al25(270) | Ud | 4,00 | 2,38 € | 9,54 € |
| | Interruptor-Seccionador 25A/900 V Gabe, modelo A-5102PV0 | Ud | 4,00 | 47,93 € | 191,71 € |
| | Placa fijación interruptor sobre carril DIN | Ud | 4,00 | 1,14 € | 4,58 € |
| | Base portafusible unipolar dfElectric, modelo PMF 1000VDC, 10x38 | Ud | 8,00 | 2,60 € | 20,80 € |
| | Fusible gR 10x38, 900 V, 10 A/ 30kA dfElectric | Ud | 8,00 | 7,60 € | 60,80 € |
| | Protector de sobretensiones tipo II, marca ABB, modelo OVR PV 40 1200 (S)P(TS) | Ud | 1,00 | 61,60 € | 61,60 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,50 | 14,04 € | 7,02 € |
| 1.1.4 | Interruptor de continua INFAC INFAC/800/M/T | Ud | 5,00 | 280,00 € | 1.400,00 € |
| | Interruptor de corriente continua de estado sólido INFAC 800/M/T, para proteger al personal de mantenimiento contra descargas eléctricas. | | | | |
| 1.1.5 | Cuadro General de Protección | Ud | 1,00 | 163,11 € | 163,11 € |
| | Conjunto de cuadro formado por: Cuadro protecciones: Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 3672 A, con puerta transparente y cerradura. IP55, IK09 Medidas: 540x720x230 mm. Embarrado: Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 2754, con puerta transparente y cerradura. IP55, IK09 Medidas: 270x540x180 mm. Completamente montado e instalado. | | | | |
| | Armario PLS 3672 A | Ud | 1,00 | 77,82 € | 77,82 € |
| | Armario PLS 2754 | Ud | 1,00 | 40,56 € | 40,56 € |
| | Placa de montaje PMA 3672 | Ud | 1,00 | 9,08 € | 9,08 € |
| | Placa de montaje PMA 2754 | Ud | 1,00 | 4,28 € | 4,28 € |
| | Bisagras puerta BE27 | Ud | 1,00 | 3,91 € | 3,91 € |
| | Cierre lateral de puerta BE27 | Ud | 1,00 | 2,82 € | 2,82 € |
| | Unión lateral módulo UM27180 | Ud | 1,00 | 2,96 € | 2,96 € |
| | Conjunto accesorios fijación mural PF-27I | Ud | 1,00 | 4,44 € | 4,44 € |
| | Carril DIN doble perfil 35mm - CDP60 | Ud | 3,00 | 1,70 € | 5,11 € |
| | Tuerca fijación placa TFP 4 | Ud | 17,00 | 0,07 € | 1,14 € |
| | Tonillo fijación placa TOR 16/4A | Ud | 17,00 | 0,03 € | 0,57 € |
| | Pletina de cobre para embarrado PFC-25. | Ud | 2,00 | 1,26 € | 2,52 € |



| | | | | | |
|--------------|---|----|-------|----------|-----------------|
| | Fijación de cables a pletina de cobre BPCH 1050 | Ud | 10,00 | 0,13 € | 1,28 € |
| | Aisladores para pletina de embarrado Al25(270) | Ud | 4,00 | 0,95 € | 3,81 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,50 | 5,62 € | 2,81 € |
| 1.1.6 | Vigilante de aislamiento INFAC3/900/I. | Ud | 1,00 | 180,00 € | 180,00 € |
| | Vigilante de aislamiento FAC3/800I, El equipo FAC3/I detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al Interruptor INFAC para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión. El rearme automático restablece la situación normal si el defecto de aislamiento ha desaparecido, dando una orden de desconexión del cortocircuito al Interruptor INFAC. | | | | |
| | - Ordenes de conexión y desconexión por contacto libre de potencial. | | | | |
| | - Contactos de conexión y desconexión independientes. | | | | |
| | - Duración de las ordenes 100 mseg. | | | | |
| | - Diodos luminosos, que memorizan si el fallo de aislamiento se ha producido por (+) o (-). | | | | |
| | - Pulsador de prueba para simular un fallo a tierra de (+) y de (-). | | | | |
| | - Pulsador de Reset que reinicia el equipo. | | | | |
| | - Ocho tiempos de Rearme seleccionables internamente (entre 1 y 60 minutos). | | | | |
| | - Nivel de aislamiento ajustable entre 20k y 80k | | | | |
| | . | | | | |
| | Totalmente instalado. | | | | |



| | | | | | |
|--------|--|----------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| 1.1.7 | Buscador de seguidor de fallo BSF-5/RT Buscador de seguidor en fallo Proat, modelo BSF-5/RT que permite anular el subgrupo que tiene la avería o fallo de aislamiento mediante la actuación sobre los interruptores de continua en estado sólido INFAC. Dispone de 10 contactos de salida para realizar el ciclo de búsqueda de 5 seguidores, dos salidas por seguidor, una para activar y otra para quitar el cortocircuito del INFAC. Reenganche y temporización de ciclo de búsqueda. Dos entradas para recibir las ordenes de poner y quitar procedentes del vigilante de aislamiento. Led Rojo que señala cuando el equipo está realizando actuaciones sobre los INFAC. Totalmente instalado. | Ud | 1,00 | 120,00 € | 120,00 € |
| 1.1.8 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 4 mm2 Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 4 mm2, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | ml | 746,00 | 1,76 € | 1.312,96 € |
| 1.1.9 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 16 mm2 Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 16 mm2, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. Grupo 1 - Caseta de Inversor Grupo 2 - Caseta de Inversor Total | ml ml ml | 168,00 68,00 100,00 168,00 | 5,73 € (2 x 34) (2 x 50) | 962,64 € |
| 1.1.10 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 25 mm2 Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 25 mm2, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. Grupo 3 - Caseta de Inversor Grupo 4 - Caseta de Inversor | ml ml ml | 474,00 154,00 134,00 | 8,84 € (2 x 77) (2 x 67) | 4.190,16 € |



| | | | | | |
|--|---|----|--------|------------|-------------------|
| Grupo 5 - Caseta de Inversor | | ml | 186,00 | (2 x 93) | |
| Total | | ml | 474,00 | | |
| 1.1.11 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 70 mm² Cu. | ml | 6,00 | 16,88 € | 101,28 € |
| Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 70 mm ² , clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. | | | | | |
| Totalmente instalado y conexionado. | | | | | |
| Cuadro General - Inversor | | ml | 6,00 | (2 x 3) | |
| Total | | ml | 6,00 | | |
| 1.1.12 | Tubo PVC doble capa diámetro 32 mm. | ml | 321,00 | 1,05 € | 337,05 € |
| Tubo de PE corrugado de doble capa, lisa la interior y corrugada la exterior, de 32 mm de diámetro nominal, aislante y no propagador de la llama, resistencia a compresión de 450 N, IP 56, para canalizaciones enterradas, dotado de guía de Poliamida incorporada en su interior, instalada sobre zanja de canalización existente. | | | | | |
| Totalmente instalado y conexionado. | | | | | |
| Grupo 1 - Caseta de Inversor | | ml | 34,00 | | |
| Grupo 2 - Caseta de Inversor | | ml | 50,00 | | |
| Grupo 3 - Caseta de Inversor | | ml | 77,00 | | |
| Grupo 4 - Caseta de Inversor | | ml | 67,00 | | |
| Grupo 5 - Caseta de Inversor | | ml | 93,00 | | |
| Total | | ml | 321,00 | | |
| 1.1.13 | Interruptor Isomax S3 | Ud | 1,00 | 1.350,00 € | 1.350,00 € |
| Interruptor de corriente continua ABB, modelo Isomax S3, para instalaciones en corriente continua hasta una tensión de 1000 V. | | | | | |
| Características: | | | | | |
| - Corriente asignada 160A. | | | | | |
| - Tetrapolar. | | | | | |
| - 1000 V de tensión de servicio. | | | | | |



| | | | | |
|---|----|-------|----------------|------------------------|
| 1.1.14. Inversor Trifásico SolarMax 50C | Ud | 1,00 | 26.895,60 € | 26.895,60 € |
| Inversor trifásico de 50.000 W con sistemas de protección según legislación vigente y pantalla de visualización de parámetros. -Potencia nominal: 50.000 W -Tensión máx. de entrada: 900 V; -Tensión de salida: 3x400 V/50 Hz -Eficiencia máxima: 94,8% Completamente instalado. | | | | |
| 1.1.15 Zanja para canalización 1 circuito sub-generador | ml | 60,00 | 43,58 € | 2.614,80 € |
| Canalización para 1 circuito sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 40 cm. de ancho y 70 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | | | | |
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,28 | 18,91 € | 5,29 € |
| Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.16 Zanja para canalización 2 circuito sub-generador | ml | 28,00 | 43,58 € | 1.220,24 € |
| Canalización para 2 circuitos sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 40 cm. de ancho y 70 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | | | | |
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,28 | 18,91 € | 5,29 € |
| Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.17 Zanja para canalización 4 circuito sub-generador | ml | 14,00 | 44,34 € | 620,76 € |
| Canalización para 4 circuitos sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 40 cm. de ancho y 80 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | | | | |
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |



| | | | | | |
|--|---|----|--------|------------|---------------------|
| | Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,32 | 18,91 € | 6,05 € |
| | Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| | Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.18 | Zanja para canalización 5 circuito sub- generador | ml | 31,00 | 47,37 € | 1.468,47 € |
| | Canalización para 5 circuitos sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 60 cm. de ancho y 80 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | | | | |
| | Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| | Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,48 | 18,91 € | 9,08 € |
| | Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| | Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.19 | Tierras Sub-generador | Ud | 1,00 | 1.957,96 € | 1.957,96 € |
| | Tierra de protección del generador formada por tendido de conductor de cobre desnudo de 35 mm ² de sección, a una profundidad de 0,8 m formando anillos según planos, unido mediante picas de cobre-acero de 2 m de longitud y diámetro de 14,3 mm. Incluso caja de borne principal de toma de tierra, 2 +1 bridas para emborne de cable de tierra hasta 35 mm, tapa autorroscante, conos de goma aislante para entrada de conductor. Características: - Geometría: Anillos - Profundidad: 0,8 m - Número de picas: 12 - Longitud de picas: 2 metros | | | | |
| | Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 12,00 | 13,98 € | 167,76 € |
| | Conduc. cobre desnudo 35 mm ² | ml | 286,85 | 5,36 € | 1.537,52 € |
| | Grapa de fijación conductor-Pica | Ud | 12,00 | 5,36 € | 64,32 € |
| | Caja CTS 650 Himel. | Ud | 1,00 | 13,02 € | 13,02 € |
| | Oficial 2ª Electricista | h | 12,00 | 13,69 € | 164,28 € |
| | Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |
| TOTAL 1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | | | | | 166.625,05 € |

**1.2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC**

1.2.1. Edificio prefabricado sala de control Ud 1,00 3.200,00 € **3.200,00 €**

Edificio prefabricado de dimensiones 6 x 3 x 2 (largo x ancho x alto) constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, una puerta de peatón; alumbrado interior y red de tierras. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores, transporte, montaje y accesorios.

1.2.2 Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 3X1x25+1x16 mm2 Cu. ml 5,00 24,06 € **120,30 €**

Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 3 x1x 25 + 1 x 16 mm2 Cu, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC.

Totalmente instalado y conexionado.

Inversor - Embarrado Alterna ml 5,00

1.2.3 Embarrado alterna. Ud 1,00 93,52 € **93,52 €**

Embarrado de alterna formador por caja repartidora Cahors, modelo CR-120 con las siguientes características:

- Envolvente en módulos Serie 33 con tapa transparente.
- Embarrado de pletina de cobre.
- Tornillería cabeza hexagonal protegida contra la corrosión.
- Orificios de entrada y salida de cables.
- Conos pasacables de PVC.
- Soportes embarrado aislantes.

Totalmente instalado.

1.2.4 Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 3X1x95+1x50 mm2 Cu. ml 1,00 32,87 € **32,87 €**

Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 3 x1x 95 + 1 x 50 mm2 Cu, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC.

Totalmente instalado y conexionado.

Embarrado Alterna - Interruptor General ml 1,00



| | | | | | |
|--------------|--|----|------|------------|-------------------|
| 1.2.5 | Interruptor Isomax T3, 250 A | Ud | 1,00 | 3.250,00 € | 3.250,00 € |
| | Interruptor magnetotérmico ABB, modelo Isomax T3, 250 A, 20 kA, 690 V, tetrapolar. Relé Diferencial ABB, modelo R221, forma L para acople a interruptor Isomax T3. Umbral de actuación 0,03-0,1-0,3 .Corriente asignada de servicio 250 A. Completamente instalado. | | | | |
| 1.2.7 | Envolvente Interruptor General | Ud | 1,00 | 42,15 € | 42,15 € |
| | Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 2754, con puerta transparente, Grado de protección IP55, IK09 Precintable. Medidas: 270x540x180 mm. Completamente montado e instalado. | | | | |

| | |
|--|-------------------|
| TOTAL 1.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | 3.538,84 € |
|--|-------------------|

| | | | | | |
|---------------|---|----|------|------------|-------------------|
| 1.3 | Monitorización Instalación | | | | |
| 1.3.1. | Sistema de Comunicación | Ud | 1,00 | 1.200,00 € | 1.200,00 € |
| | Sistema de Comunicaciones y Supervisión de la planta solar. Modelo MaxWeb xp, incluido: módem, hardware y software, incluyendo la antena GSM y colocación, totalmente instalado. Software para la realizar el control de la planta a distancia, detectar e informar del estado de las instalaciones así como de los posibles problemas, y transmitirlo por correo electrónico, incluyendo el cableado, totalmente instalado. Totalmente instalado. | | | | |

| | |
|--|-------------------|
| TOTAL 1.3. MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | 1.200,00 € |
|--|-------------------|

**1.4. ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA**

| | | | | |
|---|----|--------|------------|-------------------|
| 1.4.1. Caja General de Protección GL-400A-7-BUC | Ud | 1,00 | 313,21 € | 313,21 € |
| Caja General de Protección para colocación en interior e intemperie Uriarte Safybox, modelo GL-400-7-BUC. Medidas: 360x540x150, según nueva norma ERZ-Endesa. - Cuerpo de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio (UNE 21305) - Tapa de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio (UNE 21305) con sistema autoventilante y cierre de la misma mediante tornillo de cabeza triangular precintable. - 3 bases portafusibles tipo BUC tamaño 2 de 400A, incorporando en entrada y salida tortillería encastrada para la colocación de terminales. - Neutro seccionable incorporando en entrada y salida tortillería encastrada de acero inoxidable de rosca M10 y borne bimetálico de 50mm para la puesta a tierra. -Esquema 7 (Entrada y Salida por debajo). - Fusibles de protección NH, tamaño 2, clase gL/gG 500V, NH2, 224 A, 25 kA. | | | | |
| GL-400A-7-BUC Bases BUC-2. Esq. 7 | Ud | 358,73 | 0,79 € | 283,40 € |
| Fusibles de protección siba tipo NH, tamaño 2 | Ud | 19,96 | 0,79 € | 15,77 € |
| clase gL/gG 500V, NH2, 224 A, 25 kA. | | | | |
| Oficial 1ª Electricista | h | 1,00 | 14,04 € | 14,04 € |
| 1.4.2. Armario de medida compañía URV-06-ERZ | Ud | 1,00 | 2.603,26 € | 2.603,26 € |



Conjunto individual trifásico de medida indirecta modelo URV-06-ERZ, del fabricante Uriarte, según indicaciones compañía distribuidora ERZ-Endesa

Incluye:

- Armario de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.
- Cierre de la puerta mediante maneta de triple acción con llave triangular, posibilidad de bloqueo por candado y apertura 180°.
- Placa base de poliéster mecanizada para la colocación de 1 contador trifásico electrónico combinado (Activa+Reactiva+Tarifador) para medida indirecta.
- Regleta de bornes de comprobación de 10 elementos.
- Pletinas de cobre electrolítico para la entrada y salida de cables y la colocación de los transformadores de intensidad.
- Placa de policarbonato transparente para la protección del contador y los transformadores de intensidad, con una mirilla para el acceso al contador.
- Cableado por encima de placa protegido con canaleta de PVC.
- Tres transformadores de intensidad clase 0,5, modelo TRMC 210 100/5 10VA del fabricante Circutor.
- Contador bidireccional marca Actaris, modelo SL 7000.

| | | | | |
|---------------------------------|----|------|----------|-----------------|
| 1.4.3. Puerta para nicho | Ud | 1,00 | 262,12 € | 262,12 € |
| Puerta nicho | Ud | 1,00 | 256,06 € | 256,06 € |
| Peón de albañilería | h | 0,50 | 12,12 € | 6,06 € |

TOTAL 1.4. ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA

3.178,59 €

TOTAL 1. GENERADOR SOLAR

174.542,48 €

**2. RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN**

| | | | | |
|---|----|-------|---------|-------------------|
| 2.1. Línea Subterránea de Baja Tensión | ml | 55,00 | 58,52 € | 3.218,60 € |
| Canalización para red eléctrica en media tensión en tierra formada por zanja de 40 cm. de ancho y 80 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente, incluso cintas de señalización, placa ppc, montaje de conductores RV-0,6/1kV 3x240+1x150 Al, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado. | | | | |
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,32 | 18,91 € | 6,05 € |
| Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| Conductor RV-0,6/1kV 3x240+1x150 Al | ml | 1,00 | 8,63 € | 8,63 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 0,20 | 14,04 € | 2,81 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,20 | 13,69 € | 2,74 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| TOTAL 2.0. RED SUBTERRANEA B.T. | | | | 3.218,60 € |

3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

| | | | | |
|--|----|-------|------------|-------------------|
| 3.1. Edificio de Transformación: miniBLOK - 24 | Ud | 1,00 | 7.164,56 € | 7.164,56 € |
| Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo miniBLOK - 24, de dimensiones generales aproximadas 2100 mm de largo por 2100 mm de fondo por 2240 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores según UNE 62271-202, transporte, montaje, accesorios | | | | |
| MiniBLOK-24 | Ud | 1,00 | 6.578,00 € | 6.578,00 € |
| EXC.POZOS A MÁQUINA T.FLOJOS | m3 | 14,79 | 7,19 € | 106,34 € |
| Hormigón cimentación mallazo | m3 | 1,85 | 66,13 € | 122,34 € |
| Grúa telescópica s/camión 30 t. | Ud | 3,00 | 103,00 € | 309,00 € |
| Oficial de primera | h | 2,00 | 12,32 € | 24,64 € |
| Peón de albañilería | h | 2,00 | 12,12 € | 24,24 € |
| 3.2. Equipo Compacto CGMCOSMOS-2LP | Ud | 1,00 | 8.943,45 € | 8.943,45 € |



Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL formado por:

- 2 Celdas de línea.

- 1 Celda de protección.

con las siguientes características:

Un = 24 kV

In = 400 A

Dimensiones: 1.740 mm / 1.190 mm / 735 mm

Peso= 290 Kg.

| | | | | |
|-----------------------------------|----|-------|------------|------------|
| CGMCOSMOS-2LP | Ud | 1,00 | 8.540,00 € | 8.540,00 € |
| Fusibles MT-10/24kV-20A/50KA SIBA | Ud | 3,00 | 112,31 € | 336,93 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 2,00 | 13,69 € | 27,38 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.3. Interconexiones de Media Tensión Ud 1,00 974,69 € **974,69 €**

Interconexión enchufable apantallada y no accesible de la función de protección de Media Tensión y de la función de transformador mediante conjuntos de unión unipolares de tensión nominal 36 kV ORMALINK de Ormazabal.

| | | | | |
|----------------------------------|----|-------|----------|----------|
| Interconexión enchufable ORMALIK | Ud | 1,00 | 936,25 € | 936,25 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 2,00 | 13,69 € | 27,38 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.4. Transformador aceite 24 Kv-250 KVA Ud 1,00 5.362,92 € **5.362,92 €**

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 15 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2,5%, + 5%, +/- 10%. Protección con Termómetro, completamente instalado.

| | | | | |
|-------------------------------------|----|-------|------------|------------|
| Transformador Cotradis 250 KVA-15KV | Ud | 1,00 | 3.500,00 € | 3.500,00 € |
| Terminales enchufables | Ud | 6,00 | 188,48 € | 1.130,88 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 26,00 | 14,04 € | 365,04 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 26,00 | 13,69 € | 355,94 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.5. Cuadros BT - B2 Transformador 1 Ud 1,00 895,12 € **895,12 €**



Cuadro de BT CBTO-K especialmente diseñado para esta aplicación, de las siguiente características:

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1.600 A

- Frecuencia asignada: 50 Hz

- Nivel de aislamiento:

- Frecuencia industrial (1 min):

- a tierra y entre fases: 10 Kv

- entre fases: 2,5 kV

- Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA

- Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

Cuadro BT CBTO-K

Ud 1,00 817,16 € 817,16 €

Fusibles BT,gl/Gg 500 V, NH2,dfnelectric, 315A/120 kA.

Ud 3,00 19,96 € 59,88 €

Oficial 1ª Electricista

h 0,50 14,04 € 7,02 €

Pequeño material

Ud 14,00 0,79 € 11,06 €

3.6. Puentes BT - B2 Transformador 1

Ud 1,00 390,00 € 390,00 €

La conexión entre el cuadro de BT y el transformador se efectúa mediante barras de cobre de sección 5x80 mm² para cada una de las fases y una barra de sección 5x60 mm² para el neutro, todas ellas fijadas mediante tornillería de M12.

Estas conexiones están ocultas y a la vez protegidas contra el acceso mediante envolvente aislante.

3.7. Equipo de iluminación

Ud 1,00 390,00 € 390,00 €

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.

3.8. Equipo de seguridad y maniobra

Ud 1,00 139,00 € 139,00 €

Equipo de operación, maniobra y seguridad para permitir la realización de las maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la ejecución de las maniobras y operaciones de mantenimiento, formador por una banqueta aislante y un par de guantes de aislamiento.

**3.9. Tierras Exteriores Prot Transformación** Ud 1,00 183,99 € **183,99 €**

Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14mm de diámetro. Características:

- Geometría: Anillo rectangular
- Profundidad: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de picas: 2 metros
- Dimensiones del rectángulo: 2.5x2.5 m

| | | | | |
|------------------------------|----|-------|---------|----------|
| Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| Conduc. cobre desnudo 50 mm2 | ml | 12,00 | 9,18 € | 110,16 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,50 | 13,69 € | 6,85 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.10 Tierras Exteriores Serv Transformación Ud 1,00 613,99 € **613,99 €**

Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características:

- Geometría: Picas alineadas
- Profundidad: 0,5 m
- Número de picas: 4
- Longitud de picas: 2 metros
- Distancia entre picas: 3 metros

| | | | | |
|---------------------------------|----|-------|---------|----------|
| Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| Cond.aisla. 0,6-1kV-K 50 mm2 Cu | ml | 32,00 | 16,88 € | 540,16 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,50 | 13,69 € | 6,85 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

TOTAL 3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN **25.057,72 €**



| | | | | | |
|-------------|---|----|-------|----------|-------------------|
| 4. | RED SUBTERRANEA M.T. | | | | |
| 4.1. | Línea Subterránea de Media Tensión | ml | 17,00 | 108,35 € | 1.841,95 € |
| | Canalización para red eléctrica en media tensión en tierra formada por zanja de 60 cm. de ancho y 120 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente los 90 cm. inferiores y mecánicamente el resto, incluso cintas de señalización, placa ppc, montaje de conductores 3(1x150)Al. 12/20 kV., totalmente instalada, transporte, montaje y conexiónado. | | | | |
| | Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| | Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,72 | 18,91 € | 13,62 € |
| | Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| | Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| | Conductor Hersatene RHZ1-OL-H16 | | | | |
| | General Cable 3x1x150 mm2 Al 12/20 | ml | 3,00 | 16,96 € | 50,89 € |
| | kV. | | | | |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,20 | 14,04 € | 2,81 € |
| | Oficial 2ª Electricista | h | 0,20 | 13,69 € | 2,74 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| | TOTAL 4. RED SUBTERRANEA M.T. | | | | 1.841,95 € |

| | | | | | |
|------------|---|----|--------|----------|--------------------|
| 5 | LINEA MEDIA TENSIÓN | | | | |
| 5.1 | DERIVACIÓN LINEA AEREA EXISTENTE M.T. | Ud | 1,00 | 471,32 € | 471,32 € |
| | Derivación de L.A.M.T. mediante aislamiento 24 Kv/U70BS, incluso conexiónado | | | | |
| | Aislador U-70 BS (Inael) | Ud | 12,00 | 29,00 € | 348,00 € |
| | Rótulas R-16-P (Inael) | Ud | 3,00 | 10,87 € | 32,61 € |
| | Anilla de bola AB16 (Inael) | Ud | 3,00 | 3,82 € | 11,46 € |
| | Grapas de amarre Inael GA 1 | Ud | 3,00 | 8,95 € | 26,85 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| | Ayudante-Electricista | h | 2,00 | 12,16 € | 24,32 € |
| 5.2 | LINEA AÉREA CONDUCTO LA-56,AL | ml | 30,00 | 915,54 € | 27.466,20 € |
| | Línea aérea de media tensión formada por conductor desnudo LA-56 de Aluminio-Acero (6+1). | | | | |
| | Cond. Al de 54,6 mm2 (General Cable) | MI | 105,00 | 6,58 € | 690,90 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 1,00 | 210,60 € | 210,60 € |
| | Ayudante-Electricista | h | 1,00 | 14,04 € | 14,04 € |



| | | | | | |
|------------|--|----|-------|------------|-------------------|
| 5.3 | APOYO DE CELOSÍA C-12-2000 | Ud | 1,00 | 2.276,54 € | 2.276,54 € |
| | Apoyo de C-12-2000, formado por torre metálica galvanizada de 12 m. de altura y 2000 Kg. de esfuerzo libre en punta, con tres cadenas de aisladores de cuatro elementos U-70-BS, crucetas metálicas galvanizadas en bóveda de 4 metros, incluso excavación, cimentación e izado. | | | | |
| | Totalmente instalado | | | | |
| | Apoyo C-12-2000 | Ud | 1,00 | 842,70 € | 842,70 € |
| | Cruceta met.galv. H-3 | Ud | 1,00 | 335,08 € | 335,08 € |
| | Aislador U-70 BS (Inael) | Ud | 12,00 | 29,00 € | 348,00 € |
| | Rótulas R-16-P (Inael) | Ud | 3,00 | 10,87 € | 32,61 € |
| | Anilla de bola AB16 (Inael) | Ud | 3,00 | 3,82 € | 11,46 € |
| | Grapas de amarre Inael GA 1 | Ud | 3,00 | 8,95 € | 26,85 € |
| | Placa de peligro | Ud | 1,00 | 0,89 € | 0,89 € |
| | Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| | Conduc. cobre desnudo 50 mm2 | ml | 15,00 | 9,18 € | 137,70 € |
| | Protector antiescalo | Ud | 1,00 | 131,92 € | 131,92 € |
| | EXC.POZOS A MÁQUINA T.FLOJOS | m3 | 3,00 | 7,19 € | 21,57 € |
| | HORM. HM-20/B/32/I CIM. V.MANUAL | m3 | 2,01 | 66,13 € | 132,92 € |
| | Grúa telescópica s/camión 20 t. | Ud | 1,00 | 46,52 € | 46,52 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 100,00 € | 100,00 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| | Ayudante-Electricista | h | 2,00 | 12,16 € | 24,32 € |
| 5.4 | ENTRONQUE AERO-SUBTERANEO | Ud | 1,00 | 2.066,89 € | 2.066,89 € |
| | Entronque para paso de red aérea a red subterránea en media tensión (15 kV), formado por: 1 juego de cortacircuitos fusible-seccionador de expulsión de intemperie para 17,5-24 kV., 1 juego de pararrayos (autoválvulas) de óxidos metálicos para 24 kV, para protección de sobretensiones de origen atmosférico, 3 terminales exteriores de intemperie para cable de 12/20 kV. | | | | |
| | Totalmente instalado | | | | |
| | Pararrayos Cerámico de Óxidos Metálico INZ 21 10 (Autoválv.) (Inael) | Ud | 3,00 | 168,00 € | 504,00 € |
| | Cortac.fusibles/seccionador exp.24kV, 200A.(Inael) | Ud | 3,00 | 170,00 € | 510,00 € |
| | Portafusible (Inael) | Ud | 3,00 | 72,00 € | 216,00 € |
| | Cartucho fusible limitador EK-016 /13-24kv/16A (Inael) | Ud | 3,00 | 53,00 € | 159,00 € |
| | Terminal intemp. cable 12/20 Kv Prysmian PCT 25-J2. | Ud | 3,00 | 164,83 € | 494,49 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 7,00 | 14,04 € | 98,28 € |
| | Ayudante-Electricista | h | 7,00 | 12,16 € | 85,12 € |



| | |
|---|-----------------------|
| TOTAL 5. LINEA AEREA MEDIA TENSIÓN | 32.280,95 € |
|---|-----------------------|

RESUMEN

| | |
|--|------------------------|
| 1. GENERADOR SOLAR | 174.542,48 € |
| 1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | 166.625,05 € |
| 1.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | 3.218,60 € |
| 1.3. MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | 1.200,00 € |
| 1.4. ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA | 3.178,59 € |
| 2. RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN | 3.218,60 € |
| 3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 25.057,72 € |
| 4. RED SUBTERRANEA M.T. | 1.841,95 € |
| 5. LINEA AEREA MEDIA TENSIÓN | 32.280,95 € |

| |
|--------------------------------------|
| IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO |
|--------------------------------------|

| |
|------------------------|
| 236.941,70 € |
|------------------------|



| 3.2.-PRESUPUESTO SUBGENERADOR 2 | | UD | P.U. | TOTAL |
|---------------------------------|---|----|--------|---------------------|
| 1. | GENERADOR SOLAR | | | |
| 1.1. | INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | | | |
| 1.1.1 | Módulo fotovoltaico BS-190-S5 | Ud | 320,00 | 365,16 € |
| | Módulo fotovoltaico BS-190-S5 de 190Wp del fabricante BRISBAN, compuesto por células policristalinas en marco de aluminio con cubierta frontal de vidrio, protección posterior de Tedlar y caja de diodos de bypass. Características principales: Tensión máxima admisible: 1.000 Vdc. Ppico: 190 Wp +/- 3% Voc: 44,85 V; Um: 36,60 V; Im:5,20 A; Isc: 5,60 A; Rendimiento: 15% Dimensiones: 1480x985x50 mm. Incluso montaje y conexionado. | | | 116.851,20 € |
| | Módulo BS-190-S5. | Ud | 1,00 | 361 |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,15 | 14,04 € |
| | Oficial 2ª Electricista | h | 0,15 | 13,69 € |
| 1.1.2 | SEGUIDOR SOLAR A DOS EJES | Ud | 2,00 | 30.092,08 € |
| | Seguidor solar a dos ejes Ades, modelo 5F-27M, formado por parrilla de fijación de módulos de hasta 229 m2. Barrido acimutal de hasta 250°, inclinación máxima configurable hasta 40°, anemómetro, seguimiento acimutal automatizado, con una precisión de de $\pm 3\%$, inclinación del segundo eje mediante cilindros hidráulicos comandados por centralita y sistema de tracción mediante pinza tractor hidráulica. Incluso elementos de fijación de módulos a parrilla, cimentación, transporte y colocación. Totalmente instalado. | | | 60.184,16 € |
| | Seguidor 5F-27M | Ud | 1,00 | 27.793,97 € |
| | Hormigón cimentación zapata | m3 | 10,24 | 66,13 € |
| | Grupa telescópica autoprop. 80 toneladas | h | 5,00 | 262,62 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 8,00 | 14,04 € |
| | Peón especializado | h | 8,00 | 12,32 € |
| | Peón de albañilería | h | 8,00 | 12,12 € |
| 1.1.3 | Cuadro de grupo | Ud | 1,00 | 1.191,17 € |



Conjunto de cuadro formado por:
Cuadro de distribución estanco marca Himel modelo CRN-106/250 con puerta ciega y cerradura, protegido contra contactos indirectos de doble aislamiento según Norma EN 61140, grado de protección: IP65. Medidas: 1.000x600x250 mm o similar.

Armario metálico de construcción en cruz modelo, CR-35200 BO, de Himel con tapa atornillada. Pintado exteriormente e interiormente con resina de poliéster-exposi color gris RAL-7032, IK 10, tapa fijada mediante 4 tornillos imperdibles, 4 pernos en el fondo para fijación de la placa, placa de montaje, soporte para embarrado, pletinas de embarrado.

Se colocará una por cada seguidor según indica el plano. Éste cuadro es una caja de registro/conexiones de los ramales del seguidor, en el que se incluye los elementos de protección fusibles, protectores de sobretensión (varistores) y un interruptor-seccionador de CC por cada ramal, así como queda indicado en los planos.

Completamente montado e instalado.

| | | | | |
|--|----|-------|----------|----------|
| Armario CRN-106/250 | Ud | 1,00 | 148,64 € | 148,64 € |
| Armario CR-35200 BO | Ud | 1,00 | 14,22 € | 14,22 € |
| Placa de montaje MR-106 | Ud | 1,00 | 61,18 € | 61,18 € |
| Placa de montaje MM-35 | Ud | 1,00 | 8,16 € | 8,16 € |
| Conjugo soporte de placa desplazable SDCR 200 | Ud | 1,00 | 13,01 € | 13,01 € |
| Accesorios de fijación PF-CR | Ud | 1,00 | 3,00 € | 3,00 € |
| Tuerca fijación placa TFP 4 | Ud | 35,00 | 0,17 € | 5,88 € |
| Tonillo fijación placa TOR 16/4A | Ud | 35,00 | 0,08 € | 2,94 € |
| Carril DIN doble perfil 35mm - CDP60 | Ud | 5,00 | 4,26 € | 21,30 € |
| Patas fijación regleta puesta a tierra EDCOS | Ud | 1,00 | 6,57 € | 6,57 € |
| Regleta de tierra perforada BTC CRN | Ud | 1,00 | 12,78 € | 12,78 € |
| Conexión a tierra de puerta CTI 17/6 | Ud | 2,00 | 2,21 € | 4,42 € |
| Placa entrada salida de cables TSA24/23 SIN EN | Ud | 1,00 | 33,44 € | 33,44 € |
| Entrada cónica para salida de cables IP 67, ECIB M25 | Ud | 2,00 | 0,02 € | 0,04 € |
| Borna de conexión con tornillo Viking | Ud | 20,00 | 0,92 € | 18,40 € |
| Marco yuxtaposición para unión de cuadros | Ud | 1,00 | 13,43 € | 13,43 € |
| BU/CRN 4318 | | | | |
| Pletina de cobre para embarrado | Ud | 4,00 | 3,15 € | 12,61 € |



PFC-25.

| | | | | |
|---|----|-------|---------|----------|
| Fijación de cables a pletina de cobre BPCH 1050 | Ud | 24,00 | 0,32 € | 7,68 € |
| Aisladores para pletina de embarrado AI25(270) | Ud | 8,00 | 2,38 € | 19,07 € |
| Interruptor-Seccionador 25A/900 V Gabe, modelo A-5102PV0 | Ud | 10,00 | 47,93 € | 479,28 € |
| Placa fijación interruptor sobre carril | Ud | 10,00 | 1,14 € | 11,44 € |
| DIN | | | | |
| Base portafusible unipolar dfElectric, modelo PMF 1000VDC, 10x38 | Ud | 20,00 | 2,60 € | 52,00 € |
| Fusible gR 10x38, 900 V, 10 A/ 30kA dfElectric | Ud | 20,00 | 7,60 € | 152,00 € |
| Protector de sobretensiones tipo II, marca | | | | |
| ABB, modelo OVR PV 40 1200 (S)P(TS) | Ud | 1,00 | 61,60 € | 61,60 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |

1.1.4 Interruptor de continua INFAC Ud 4,00 280,00 € **1.120,00 €**
INFAC/800/M/T

Interruptor de corriente continua de estado sólido INFAC 800/M/T, para proteger al personal de mantenimiento contra descargas eléctricas.

1.1.5 Cuadro General de Protección Ud 1,00 163,11 € **163,11 €**

Conjunto de cuadro formado por:

Cuadro protecciones:

Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 3672 A, con puerta transparente y cerradura. IP55, IK09
Medidas: 540x720x230 mm.

Embarrado:

Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 2754, con puerta transparente y cerradura. IP55, IK09
Medidas: 270x540x180 mm.

Completamente montado e instalado.

| | | | | |
|---|----|------|---------|---------|
| Armario PLS 3672 A | Ud | 1,00 | 77,82 € | 77,82 € |
| Armario PLS 2754 | Ud | 1,00 | 40,56 € | 40,56 € |
| Placa de montaje PMA 3672 | Ud | 1,00 | 9,08 € | 9,08 € |
| Placa de montaje PMA 2754 | Ud | 1,00 | 4,28 € | 4,28 € |
| Bisagras puerta BE27 | Ud | 1,00 | 3,91 € | 3,91 € |
| Cierre lateral de puerta BE27 | Ud | 1,00 | 2,82 € | 2,82 € |
| Unión lateral módulo UM27180 | Ud | 1,00 | 2,96 € | 2,96 € |
| Conjunto accesorios fijación mural PF- 27I | Ud | 1,00 | 4,44 € | 4,44 € |



| | | | | | |
|--------------|--|----|-------|----------|-----------------|
| | Carril DIN doble perfil 35mm - CDP60 | Ud | 3,00 | 1,70 € | 5,11 € |
| | Tuerca fijación placa TFP 4 | Ud | 17,00 | 0,07 € | 1,14 € |
| | Tonillo fijación placa TOR 16/4A | Ud | 17,00 | 0,03 € | 0,57 € |
| | Pletina de cobre para embarrado | Ud | 2,00 | 1,26 € | 2,52 € |
| | PFC-25. | | | | |
| | Fijación de cables a pletina de cobre BPCH 1050 | Ud | 10,00 | 0,13 € | 1,28 € |
| | Aisladores para pletina de embarrado AI25(270) | Ud | 4,00 | 0,95 € | 3,81 € |
| | Oficial 1ª Electricista | h | 0,50 | 5,62 € | 2,81 € |
| 1.1.6 | Vigilante de aislamiento INFAC3/900/I. | Ud | 1,00 | 180,00 € | 180,00 € |
| | Vigilante de aislamiento FAC3/800I, El equipo FAC3/I detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al Interruptor INFAC para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión. El rearme automático restablece la situación normal si el defecto de aislamiento ha desaparecido, dando una orden de desconexión del cortocircuito al Interruptor INFAC. - Ordenes de conexión y desconexión por contacto libre de potencial. - Contactos de conexión y desconexión independientes. - Duración de las ordenes 100 mseg. - Diodos luminosos, que memorizan si el fallo de aislamiento se ha producido por (+) o (-). - Pulsador de prueba para simular un fallo a tierra de (+) y de (-). - Pulsador de Reset que reinicia el equipo. - Ocho tiempos de Rearme seleccionables internamente (entre 1 y 60 minutos). - Nivel de aislamiento ajustable entre 20k y 80k . Totalmente instalado. | | | | |
| 1.1.7 | Buscador de seguidor de fallo BSF-5/RT | Ud | 1,00 | 120,00 € | 120,00 € |



Buscador de seguidor en fallo Proat, modelo BSF-5/RT que permite anular el subgrupo que tiene la avería o fallo de aislamiento mediante la actuación sobre los interruptores de continua en estado sólido INFAC.

Dispone de 10 contactos de salida para realizar el ciclo de búsqueda de 5 seguidores, dos salidas por seguidor, una para activar y otra para quitar el cortocircuito del INFAC. Reenganche y temporización de ciclo de búsqueda. Dos entradas para recibir las ordenes de poner y quitar procedentes del vigilante de aislamiento. Led Rojo que señala cuando el equipo está realizando actuaciones sobre los INFAC.

Totalmente instalado.

| | | | | | |
|--------|--|----|--------|----------|-------------------|
| 1.1.8 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 4 mm² Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 4 mm ² , clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | ml | 532,00 | 1,76 € | 936,32 € |
| 1.1.9 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 25 mm² Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 25 mm ² , clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | ml | 548,00 | 8,84 € | 4.844,32 € |
| | Grupo 6 - Caseta de Inversor | ml | 92,00 | (2 x 46) | |
| | Grupo 7 - Caseta de Inversor | ml | 94,00 | (2 x 47) | |
| | Grupo 8 - Caseta de Inversor | ml | 180,00 | (2 x 90) | |
| | Grupo 9 - Caseta de Inversor | ml | 182,00 | (2 x 91) | |
| | Total | ml | 548,00 | | |
| 1.1.10 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 1 x 70 mm² Cu. Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 1 x 70 mm ² , clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | ml | 6,00 | 16,88 € | 101,28 € |



| | | | | | | |
|----------------|--|----|--------|-------------|--------------------|---------|
| | Cuadro General - Inversor | ml | 6,00 | (2 x 3) | | |
| | Total | ml | 6,00 | | | |
| 1.1.11 | Tubo PVC doble capa diámetro 32 mm. Tubo de PE corrugado de doble capa, lisa la interior y corrugada la exterior, de 32 mm de diámetro interior, aislante y no propagador de la llama, resistencia a compresión de 450 N, IP 56, para canalizaciones enterradas, dotado de guía de Poliamida incorporada en su interior, instalada sobre zanja de canalización existente. Totalmente instalado y conexionado. | ml | 274,00 | 1,05 € | 287,70 € | |
| | Grupo 6 - Caseta de Inversor | ml | 46,00 | | | |
| | Grupo 7 - Caseta de Inversor | ml | 47,00 | | | |
| | Grupo 8 - Caseta de Inversor | ml | 90,00 | | | |
| | Grupo 9 - Caseta de Inversor | ml | 91,00 | | | |
| | Total | ml | 274,00 | | | |
| 1.1.12 | Interruptor Isomax S3 Interruptor de corriente continua ABB, modelo Isomax S3, para instalaciones en corriente continua hasta una tensión de 1000 V. Características: - Corriente asignada 160A. - Tetrapolar. - 1000 V de tensión de servicio. | Ud | 1,00 | 1.350,00 € | 1.350,00 € | |
| 1.1.13. | Inversor Trifásico SolarMax 50C Inversor trifásico de 50.000 W con sistemas de protección según legislación vigente y pantalla de visualización de parámetros. -Potencia nominal: 50.000 W -Tensión máx. de entrada: 900 V; -Tensión de salida: 3x400 V/50 Hz -Eficiencia máxima: 94,8% Completamente instalado. | Ud | 1,00 | 26.895,60 € | 26.895,60 € | |
| 1.1.14 | Zanja para canalización 2 circuito sub-generador Canalización para 2 circuitos sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 40 cm. de ancho y 70 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | ml | 86,00 | 43,58 € | 3.747,88 € | |
| | Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | | 35,20 € |
| | Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,28 | 18,91 € | | 5,29 € |



| | | | | | |
|--|--|----|--------|------------|---------------------|
| | Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| | Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.15 | Zanja para canalización 4 circuitos sub-generador | ml | 21,00 | 44,34 € | 931,14 € |
| | Canalización para 4 circuitos sub-generador 1 en tierra y bajo tubo, formada por zanja de 40 cm. de ancho y 80 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente. | | | | |
| | Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| | Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,32 | 18,91 € | 6,05 € |
| | Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| | Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| | Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |
| 1.1.16 | Tierras Sub-generador | Ud | 1,00 | 1.957,96 € | 1.957,96 € |
| | Tierra de protección del generador formada por tendido de conductor de cobre desnudo de 35 mm ² de sección, a una profundidad de 0,8 m formando anillos según planos, unido mediante picas de cobre-acero de 2 m de longitud y diámetro de 14,3 mm. Incluso caja de borne principal de toma de tierra, 2 +1 bridas para emborne de cable de tierra hasta 35 mm, tapa autorroscante, conos de goma aislante para entrada de conductor. | | | | |
| | Características: | | | | |
| | - Geometría: Anillos | | | | |
| | - Profundidad: 0,8 m | | | | |
| | - Número de picas: 12 | | | | |
| | - Longitud de picas: 2 metros | | | | |
| | Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 12,00 | 13,98 € | 167,76 € |
| | Conduc. cobre desnudo 35 mm ² | ml | 286,85 | 5,36 € | 1.537,52 € |
| | Grapa de fijación conductor-Pica | Ud | 12,00 | 5,36 € | 64,32 € |
| | Caja CTS 650 Himel. | Ud | 1,00 | 13,02 € | 13,02 € |
| | Oficial 2ª Electricista | h | 12,00 | 13,69 € | 164,28 € |
| | Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |
| TOTAL 1.1. INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | | | | | 220.861,84 € |
| 1.2 | INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | | | | |
| 1.2.1. | Edificio prefabricado sala de control | Ud | 1,00 | 3.200,00 € | 3.200,00 € |



Edificio prefabricado de dimensiones 6 x 3 x 2(largo x ancho x alto) constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, una puerta de peatón; alumbrado interior y red de tierras. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores, transporte, montaje y accesorios.

| | | | | | |
|-------|--|----|------|------------|-------------------|
| 1.2.2 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 3X1x25+1x16 mm² Cu. | ml | 5,00 | 24,06 € | 120,30 € |
| | Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 3 x1x 25 + 1 x 16 mm ² Cu, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | | | | |
| | Inversor - Embarrado Alterna | ml | 5,00 | | |
| 1.2.3 | Embarrado alterna. | Ud | 1,00 | 93,52 € | 93,52 € |
| | Embarrado de alterna formador por caja repartidora Cahors, modelo CR-120 con las siguientes características: - Envolvente en módulos Serie 33 con tapa transparente. - Embarrado de pletina de cobre. - Tornillería cabeza hexagonal protegida contra la corrosión. - Orificios de entrada y salida de cables. - Conos pasacables de PVC. - Soportes embarrado aislantes. Totalmente instalado. | | | | |
| 1.2.4 | Conductor RV-K FOC 0,6/1kV 3X1x95+1x50 mm² Cu. | ml | 1,00 | 32,87 € | 32,87 € |
| | Conductor de cobre flexible RV-K FOC 0,6/1 kV 3 x1x 95 + 1 x 50 mm ² Cu, clase 5, no propagador de llama, aislamiento polietileno reticulado XLPE, cubierta exterior policloruro de vinilo acrílico PVC. Totalmente instalado y conexionado. | | | | |
| | Embarrado Alterna - Interruptor General | ml | 1,00 | | |
| 1.2.5 | Interruptor Isomax T3, 250 A | Ud | 1,00 | 3.250,00 € | 3.250,00 € |



Interruptor magnetotérmico ABB, modelo Isomax T3, 250 A, 20 kA, 690 V, tetrapolar. Relé Diferencial ABB, modelo R221, forma L para acople a interruptor Isomax T3. Umbral de actuación 0,03-0,1-0,3 .Corriente asignada de servicio 250 A. Completamente instalado.

| | | | | | |
|--------------|---|----|------|---------|----------------|
| 1.2.6 | Envolvente Interruptor General | Ud | 1,00 | 42,15 € | 42,15 € |
| | Caja modular aislante de poliéster reforzado, estanca marca Himel, Sistema 27, modelo PLS 2754, con puerta transparente, Grado de protección IP55, IK09 | | | | |
| | Precintable. | | | | |
| | Medidas: 270x540x180 mm. | | | | |
| | Completamente montado e instalado. | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|-------------------|
| TOTAL 1.2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | | | | | 3.538,84 € |
|--|--|--|--|--|-------------------|

1.3 MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN

| | | | | | |
|---------------|--|----|------|------------|-------------------|
| 1.3.1. | Sistema de Comunicación | Ud | 1,00 | 1.200,00 € | 1.200,00 € |
| | Sistema de Comunicaciones y Supervisión de la planta solar. Modelo MaxWeb xp, incluido: | | | | |
| | módem, hardware y software, incluyendo la antena GSM y colocación, totalmente instalado. | | | | |
| | Software para la realizar el control de la planta a distancia, detectar e informar del estado de las instalaciones así como de los posibles problemas, | | | | |
| | y transmitirlo por correo electrónico, incluyendo el cableado, totalmente instalado. | | | | |
| | Totalmente instalado. | | | | |

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|-------------------|
| TOTAL 1.3. MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | | | | | 1.200,00 € |
|--|--|--|--|--|-------------------|

1.4. ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA

| | | | | | |
|---------------|---|----|------|----------|-----------------|
| 1.4.1. | Caja General de Protección GL-400A-7-BUC | Ud | 1,00 | 313,21 € | 313,21 € |
|---------------|---|----|------|----------|-----------------|



Caja General de Protección para colocación en interior e intemperie Uriarte Safybox, modelo GL-400-7-BUC.

Medidas: 360x540x150, según nueva norma ERZ-Endesa.

- Cuerpo de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio (UNE 21305)

- Tapa de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio (UNE 21305) con sistema autoventilante y cierre de la misma mediante tornillo de cabeza triangular precintable.

- 3 bases portafusibles tipo BUC tamaño 2 de 400A, incorporando en entrada y salida tortillería encastrada para la colocación de terminales.

- Neutro seccionable incorporando en entrada y salida tortillería encastrada de acero inoxidable de rosca M10 y borne bimetálico de 50mm para la puesta a tierra.

- Esquema 7 (Entrada y Salida por debajo).

- Fusibles de protección NH, tamaño 2, clase gL/gG 500V, NH2, 224 A, 25 kA.

| | | | | | |
|---|---------------------------------|----|--------|--------|----------|
| 7 | GL-400A-7-BUC Bases BUC-2. Esq. | Ud | 358,73 | 0,79 € | 283,40 € |
|---|---------------------------------|----|--------|--------|----------|

| | | | | | |
|--|---|----|-------|--------|---------|
| | Fusibles de protección siba tipo NH, tamaño 2 | | | | |
| | clase gL/gG 500V, NH2, 224 A, 25 kA. | Ud | 19,96 | 0,79 € | 15,77 € |

| | | | | | |
|--|-------------------------|---|------|---------|---------|
| | Oficial 1ª Electricista | h | 1,00 | 14,04 € | 14,04 € |
|--|-------------------------|---|------|---------|---------|

| | | | | | |
|--------|--|----|------|------------|-------------------|
| 1.4.2. | Armario de medida compañía URV-06-ERZ | Ud | 1,00 | 2.603,26 € | 2.603,26 € |
|--------|--|----|------|------------|-------------------|



Conjunto individual trifásico de medida indirecta modelo URV-06-ERZ, del fabricante Uriarte, según indicaciones compañía distribuidora ERZ-Endesa

Medidas:

Incluye:

- Armario de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.
- Cierre de la puerta mediante maneta de triple acción con llave triangular, posibilidad de bloqueo por candado y apertura 180°.
- Placa base de poliéster mecanizada para la colocación de 1 contador trifásico electrónico combinado (Activa+Reactiva+Tarifador) para medida indirecta.
- Regleta de bornes de comprobación de 10 elementos.
- Pletinas de cobre electrolítico para la entrada y salida de cables y la colocación de los transformadores de intensidad.
- Placa de policarbonato transparente para la protección del contador y los transformadores de intensidad, con una mirilla para el acceso al contador.
- Cableado por encima de placa protegido con canaleta de PVC.
- Tres transformadores de intensidad clase 0,5, modelo TRMC 210 100/5 10VA del fabricante Circutor.
- Contador bidireccional marca Actaris, modelo SL 7000.

| | | | | | |
|--|--------------------------|----|------|----------|---------------------|
| 1.4.3. | Puerta para nicho | Ud | 1,00 | 262,12 € | 262,12 € |
| | Puerta nicho | Ud | 1,00 | 256,06 € | 256,06 € |
| | Peón de albañilería | h | 0,50 | 12,12 € | 6,06 € |
| TOTAL 1.4. ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA | | | | | 3.178,59 € |
| TOTAL 1. GENERADOR SOLAR | | | | | 228.779,27 € |

2. RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSION

| | | | | | |
|-------------|--|----|-------|---------|-------------------|
| 2.1. | Línea Subterránea de Baja Tensión | ml | 55,00 | 58,52 € | 3.218,60 € |
|-------------|--|----|-------|---------|-------------------|



Canalización para red eléctrica en media tensión en tierra formada por zanja de 40 cm. de ancho y 80 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente, incluso cintas de señalización, placa ppc, montaje de conductores RV-0,6/1kV 3x240+1x150 Al, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.

| | | | | |
|--------------------------------------|----|------|---------|---------|
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,32 | 18,91 € | 6,05 € |
| Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| Conductor RV-0,6/1kV 3x240+1x150 | ml | 1,00 | 8,63 € | 8,63 € |
| Al | | | | |
| Oficial 1ª Electricista | h | 0,20 | 14,04 € | 2,81 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,20 | 13,69 € | 2,74 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |

TOTAL 2. RED SUBTERRANEA B.T.

3.218,60 €

3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

| | | | | | |
|-------------|--|----|-------|------------|-------------------|
| 3.1. | Edificio de Transformación: miniBLOK - 24 | Ud | 1,00 | 7.164,56 € | 7.164,56 € |
| | Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo miniBLOK - 24, de dimensiones generales aproximadas 2100 mm de largo por 2100 mm de fondo por 2240 mm de alto. Incluye el edificio, todos sus elementos exteriores según UNE 62271-202, transporte, montaje, accesorios | | | | |
| | MiniBLOK-24 | Ud | 1,00 | 6.578,00 € | 6.578,00 € |
| | EXC.POZOS A MÁQUINA T.FLOJOS | m3 | 14,79 | 7,19 € | 106,34 € |
| | Hormigón cimentación mallazo | m3 | 1,85 | 66,13 € | 122,34 € |
| | Grúa telescópica s/camión 30 t. | Ud | 3,00 | 103,00 € | 309,00 € |
| | Oficial de primera | h | 2,00 | 12,32 € | 24,64 € |
| | Peón de albañilería | h | 2,00 | 12,12 € | 24,24 € |
| 3.2. | Equipo Compacto CGMCOSMOS-2LP | Ud | 1,00 | 8.943,45 € | 8.943,45 € |



Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas, extensible y preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL formado por:

- 2 Celdas de línea.

- 1 Celda de protección.

con las siguientes características:

Un = 24 kV

In = 400 A

Dimensiones: 1.740 mm / 1.190 mm / 735 mm

Peso= 290 Kg.

| | | | | |
|-----------------------------------|----|-------|------------|------------|
| CGMCOSMOS-2LP | Ud | 1,00 | 8.540,00 € | 8.540,00 € |
| Fusibles MT-10/24kV-20A/50KA SIBA | Ud | 3,00 | 112,31 € | 336,93 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 2,00 | 13,69 € | 27,38 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.3. Interconexiones de Media Tensión Ud 1,00 974,69 € **974,69 €**

Interconexión enchufadle apantallada y no accesible de la función de protección de Media Tensión y de la función de transformador mediante conjuntos de unión unipolares de tensión nominal 36 kV ORMALINK de Ormazabal.

| | | | | |
|----------------------------------|----|-------|----------|----------|
| Interconexión enchufadle ORMALIK | Ud | 1,00 | 936,25 € | 936,25 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 2,00 | 13,69 € | 27,38 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.4. Transformador aceite 24 Kv-250 KVA Ud 1,00 5.362,92 € **5.362,92 €**

Transformador trifásico reductor de tensión, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 250 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 15 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2,5%, + 5%, +/- 10%. Protección con Termómetro, completamente instalado.

| | | | | |
|-------------------------------------|----|-------|------------|------------|
| Transformador Cotradis 250 KVA-15KV | Ud | 1,00 | 3.500,00 € | 3.500,00 € |
| Terminales enchufables | Ud | 6,00 | 188,48 € | 1.130,88 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 26,00 | 14,04 € | 365,04 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 26,00 | 13,69 € | 355,94 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.5. Cuadros BT - B2 Transformador 1 Ud 1,00 895,12 € **895,12 €**



Cuadro de BT CBTO-K especialmente diseñado para esta aplicación, de las siguiente características:

- Tensión asignada de empleo: 440 V
- Tensión asignada de aislamiento: 500 V
- Intensidad asignada en los embarrados: 1.600 A
- Frecuencia asignada: 50 Hz
- Nivel de aislamiento:
 - Frecuencia industrial (1 min):
 - a tierra y entre fases: 10 Kv
- entre fases: 2,5 kV
- Intensidad Asignada de Corta duración 1 s: 24 kA
- Intensidad Asignada de Cresta: 50,5 kA

| | | | | |
|--|----|-------|----------|----------|
| Cuadro BT CBTO-K | Ud | 1,00 | 817,16 € | 817,16 € |
| Fusibles BT,gl/Gg 500 V, NH2,dfnelectric, 315A/120 kA. | Ud | 3,00 | 19,96 € | 59,88 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 0,50 | 14,04 € | 7,02 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.6. Puentes BT - B2 Transformador 1 Ud 1,00 390,00 € **390,00 €**

La conexión entre el cuadro de BT y el transformador se efectúa mediante barras de cobre de sección 5x80 mm² para cada una de las fases y una barra de sección 5x60 mm² para el neutro, todas ellas fijadas mediante tornillería de M12.

Estas conexiones están ocultas y a la vez protegidas contra el acceso mediante envolvente aislante.

3.7. Equipo de iluminación Ud 1,00 390,00 € **390,00 €**

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los equipos de MT.

3.8. Equipo de seguridad y maniobra Ud 1,00 139,00 € **139,00 €**

Equipo de operación, maniobra y seguridad para permitir la realización de las maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la ejecución de las maniobras y operaciones de mantenimiento, formador por una banqueta aislante y un par de guantes de aislamiento.

3.9. Tierras Exteriores Prot Transformación Ud 1,00 183,99 € **183,99 €**



Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexas, empleando conductor de cobre desnudo. El conductor de cobre está unido a picas de acero cobreado de 14mm de diámetro. Características:

- Geometría: Anillo rectangular
- Profundidad: 0,5 m
- Número de picas: cuatro
- Longitud de picas: 2 metros
- Dimensiones del rectángulo: 2.5x2.5 m

| | | | | |
|------------------------------|----|-------|---------|----------|
| Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| Conduc. cobre desnudo 50 mm2 | ml | 12,00 | 9,18 € | 110,16 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,50 | 13,69 € | 6,85 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

3.10 Tierras Exteriores Serv Transformación Ud 1,00 613,99 € **613,99 €**

Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características:

- Geometría: Picas alineadas
- Profundidad: 0,5 m
- Número de picas: 4
- Longitud de picas: 2 metros
- Distancia entre picas: 3 metros

| | | | | |
|---------------------------------|----|-------|---------|----------|
| Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| Cond.aisla. 0,6-1kV-K 50 mm2 Cu | ml | 32,00 | 16,88 € | 540,16 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,50 | 13,69 € | 6,85 € |
| Pequeño material | Ud | 14,00 | 0,79 € | 11,06 € |

TOTAL 3. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 25.057,72 €

4. RED SUBTERRANEA M.T.

4.1. Línea Subterránea de Media Tensión ml 17,00 108,35 € **1.841,95 €**

Canalización para red eléctrica en media tensión en tierra formada por zanja de 60 cm. de ancho y 120 cm. de profundidad, incluyendo excavación de zanjas y relleno con productos de excavación seleccionados y compactados manualmente los 90 cm. inferiores y mecánicamente el resto, incluso cintas de señalización, placa ppc, montaje de conductores 3(1x150)Al. 12/20 kV.,



totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.

| | | | | |
|--------------------------------------|----|------|---------|---------|
| Apertura y cierre de zanja en tierra | ml | 1,00 | 35,20 € | 35,20 € |
| Suministro de zahorras a pie de obra | m3 | 0,72 | 18,91 € | 13,62 € |
| Cinta señalizadora CellPack | ml | 1,00 | 0,18 € | 0,18 € |
| Placa PPC | ml | 1,00 | 2,12 € | 2,12 € |
| Conductor Hersatene RHZ1-OL-H16 | | | | |
| General Cable 3x1x150 mm2 Al | ml | 3,00 | 16,96 € | 50,89 € |
| 12/20 kV. | | | | |
| Oficial 1ª Electricista | h | 0,20 | 14,04 € | 2,81 € |
| Oficial 2ª Electricista | h | 0,20 | 13,69 € | 2,74 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 0,79 € | 0,79 € |

TOTAL 4. RED SUBTERRANEA M.T.

1.841,95 €

5 LINEA MEDIA TENSIÓN

5.1 DERIVACIÓN LINEA AEREA EXISTENTE M.T.

Derivación de L.A.M.T. mediante aislamiento 24 Kv/U70BS, incluso conexionado

| | | | | |
|-----------------------------|----|-------|---------|----------|
| Aislador U-70 BS (Inael) | Ud | 12,00 | 29,00 € | 348,00 € |
| Rótulas R-16-P (Inael) | Ud | 3,00 | 10,87 € | 32,61 € |
| Anilla de bola AB16 (Inael) | Ud | 3,00 | 3,82 € | 11,46 € |
| Grapas de amarre Inael GA 1 | Ud | 3,00 | 8,95 € | 26,85 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| Ayudante-Electricista | h | 2,00 | 12,16 € | 24,32 € |

5.2 LINEA AÉREA CONDUCTO LA-56,AL

Línea aérea de media tensión formada por conductor desnudo LA-56 de Aluminio-Acero (6+1).

| | | | | |
|--------------------------------------|----|--------|----------|-----------------|
| Cond. Al de 54,6 mm2 (General Cable) | MI | 105,00 | 6,58 € | 690,90 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 1,00 | 210,60 € | 210,60 € |
| Ayudante-Electricista | h | 1,00 | 14,04 € | 14,04 € |

5.3 APOYO DE CELOSÍA C-12-2000

Apoyo de C-12-2000, formado por torre metálica galvanizada de 12 m. de altura y 2000 Kg. de esfuerzo libre en punta, con tres cadenas de aisladores de cuatro elementos U-70-BS, crucetas metálicas galvanizadas en bóveda de 4 metros, incluso excavación, cimentación e izado.

| | | | | |
|--|----|------|------------|-------------------|
| | Ud | 1,00 | 2.276,54 € | 2.276,54 € |
|--|----|------|------------|-------------------|



Totalmente instalado

| | | | | |
|--|----|-------|------------|-------------------|
| Apoyo C-12-2000 | Ud | 1,00 | 842,70 € | 842,70 € |
| Cruceta met.galv. H-3 | Ud | 1,00 | 335,08 € | 335,08 € |
| Aislador U-70 BS (Inael) | Ud | 12,00 | 29,00 € | 348,00 € |
| Rótulas R-16-P (Inael) | Ud | 3,00 | 10,87 € | 32,61 € |
| Anilla de bola AB16 (Inael) | Ud | 3,00 | 3,82 € | 11,46 € |
| Grapas de amarre Inael GA 1 | Ud | 3,00 | 8,95 € | 26,85 € |
| Placa de peligro | Ud | 1,00 | 0,89 € | 0,89 € |
| Pica de t.t. 200/14,3 Fe+Cu | Ud | 4,00 | 13,98 € | 55,92 € |
| Conduc. cobre desnudo 50 mm2 | ml | 15,00 | 9,18 € | 137,70 € |
| Protector antiescalo | Ud | 1,00 | 131,92 € | 131,92 € |
| EXC.POZOS A MÁQUINA T.FLOJOS | m3 | 3,00 | 7,19 € | 21,57 € |
| HORM. HM-20/B/32/I CIM. | m3 | 2,01 | 66,13 € | 132,92 € |
| V.MANUAL | | | | |
| Grúa telescópica s/camión 20 t. | Ud | 1,00 | 46,52 € | 46,52 € |
| Pequeño material | Ud | 1,00 | 100,00 € | 100,00 € |
| Oficial 1ª Electricista | h | 2,00 | 14,04 € | 28,08 € |
| Ayudante-Electricista | h | 2,00 | 12,16 € | 24,32 € |
| 5.4 ENTRONQUE AERO-SUBTERANEO | Ud | 1,00 | 2.066,89 € | 2.066,89 € |
| Entronque para paso de red aérea a red subterránea en media tensión (15 kV), formado por: 1 juego de cortacircuitos fusible-seccionador de expulsión de intemperie para 17,5-24 kV., 1 juego de pararrayos (autoválvulas) de óxidos metálicos para 24 kV, para protección de sobretensiones de origen atmosférico, 3 terminales exteriores de intemperie para cable de 12/20 kV. | | | | |
| Totalmente instalado | | | | |
| Pararrayos Cerámico de Óxidos Metálico | Ud | 3,00 | 168,00 € | 504,00 € |
| INZ 21 10 (Autoválv.) (Inael) | | | | |
| Cortac.fusibles/seccionador exp.24kV, | Ud | 3,00 | 170,00 € | 510,00 € |
| 200A.(Inael) | | | | |
| Portafusible (Inael) | Ud | 3,00 | 72,00 € | 216,00 € |
| Cartucho fusible limitador EK-016 /13-24kv/16A (Inael) | Ud | 3,00 | 53,00 € | 159,00 € |
| Terminal intemp. cable 12/20 Kv Prysmian | Ud | 3,00 | 164,83 € | 494,49 € |
| PCT 25-J2. | | | | |
| Oficial 1ª Electricista | h | 7,00 | 14,04 € | 98,28 € |
| Ayudante-Electricista | h | 7,00 | 12,16 € | 85,12 € |

**TOTAL 5. LINEA AEREA MEDIA
TENSIÓN****32.280,95 €****RESUMEN**

| | | |
|-----------|--|--------------------|
| | | 228.779,27 |
| 1. | GENERADOR SOLAR | € |
| | | |
| 1.1. | INSTALACIÓN ELÉCTRICA DC | 220.861,84 € |
| 1.2. | INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | 3.538,84 € |
| 1.3. | MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | 1.200,00 € |
| 1.4. | ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA | 3.178,59 € |
| 2. | RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN | 3.218,60 € |
| 3. | CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 25.057,72 € |
| 4. | RED SUBTERRANEA M.T. | 1.841,95 € |
| 5. | LINEA AEREA MEDIA TENSIÓN | 32.280,95 € |

IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO**291.178,49**
€



3.3.-RESUMEN DEL PRESUPUESTO

| | CONFIGURACIÓN 1 | CONFIGURACIÓN 2 | CONFIGURACIÓN 3 |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| INSTALACIONES INDEPENDIENTES | | | |
| SUB-GENERADOR 1 -PARTE DC | 333.250,10 € | 166.625,05 € | 0,00 € |
| SUB-GENERADOR 2 - PARTE DC | 0,00 € | 220.861,84 € | 441.723,68 € |
| INSTALACIONES COMUNES | | | |
| INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | 3.218,60 € | | |
| MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | 1.200,00 € | | |
| ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA | 3.178,59 € | | |
| RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN | 3.218,60 € | | |
| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 25.057,72 € | | |
| RED SUBTERRANEA M.T. | 1.841,95 € | | |
| LINEA AEREA MEDIA TENSIÓN | 32.280,95 € | | |
| TOTAL | 403.246,51 € | 457.483,30 € | 511.720,09 € |

Tabla nº 3.1: Resumen presupuesto material en las tres configuraciones estudiadas

Teniendo en cuenta que el coste de la instalación de media tensión se encuentra repartida entre tres propietarios, es decir, el propietario de la parcela en estudio y dos propietarios de parcelas anexas, luego el propietario de la parcela sólo deberá pagar un tercio del coste total de la instalación de media tensión



| | CONFIGURACIÓN 1 | CONFIGURACIÓN 2 | CONFIGURACIÓN 3 |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| INSTALACIONES INDEPENDIENTES | | | |
| SUB-GENERADOR 1 -PARTE DC | 333.250,10 € | 166.625,05 € | 0,00 € |
| SUB-GENERADOR 2 - PARTE DC | 0,00 € | 220.861,84 € | 441.723,68 € |
| INSTALACIONES COMUNES | | | |
| INSTALACIÓN ELÉCTRICA AC | 3.218,60 € | | |
| MONITORIZACIÓN INSTALACIÓN | 1.200,00 € | | |
| ACOMETIDA, PROTECCIÓN Y MEDIDA | 3.178,59 € | | |
| RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSIÓN | 3.218,60 € | | |
| CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | 8.352,57 € | | |
| RED SUBTERRANEA M.T. | 613,98 € | | |
| LINEA AEREA MEDIA TENSIÓN | 10.760,32 € | | |
| TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL | 363.792,76 € | 418.029,55 € | 472.266,34 € |
| 12 % GASTOS GENERALES | 43.655,13 € | 50.163,55 € | 56.671,96 € |
| 6% BENEFICIOS INDUSTRIALES | 25.465,49 € | 29.262,07 € | 33.058,64 € |
| TOTAL GG Y BI | 432.913,38 € | 497.455,17 € | 561.996,94 € |
| 16% IVA | 58.206,84 € | 66.884,73 € | 75.562,61 € |
| TOTAL PRESUPUESTO | 489.120,22 € | 564.339,90 € | 637.559,55 € |

Configuración 1. Cuatrocientos ochenta y nueve mil ciento veinte coma veintidós euros:

Configuración 2: Quinientos sesenta y cuatro mil trescientos treinta y nueve coma noventa euros

Configuración 3: Seiscientos treinta y siete mil quinientos cincuenta y nueve coma cincuenta y cinco euros

Zaragoza, a 13 de Mayo del 2010

La propiedad

El técnico

4.-ESTUDIO ECONÓMICO



4.-ESTUDIO ECONÓMICO

El objetivo de este estudio, es comprobar la viabilidad económica y la rentabilidad del las tres posibles configuraciones que se contemplan en este proyecto.

Para ello, se va a simular un modelo económico donde se tendrá en cuenta:

- 1.- Inversión y fuente de financiación.
- 2.- Ingresos y costes esperados.
- 3.- Rentabilidad del proyecto.

4.1.- Inversión y fuente de financiación

La inversión inicial es la suma de los pagos de todo el material necesario para montar la central así como la instalación y la obra civil.

Sobre la inversión inicial cabe hacer un desglose teniendo en cuenta la base sobre la que se realiza el cálculo de las diversas ayudas en inversión elegible.

La inversión elegible es la parte de la inversión inicial sobre la cual se suelen calcular las ayudas. En principio, la definición concreta de este concepto depende del organismo que concede la ayuda.

En el contexto actual, la única subvención o ayuda para este tipo de instalación proviene del Instituto de Crédito Oficial (ICO), el cual, dispone de una línea ICO Economía sostenible, en donde se financia el 100% de la inversión elegible, entendiendo como tal, el pago de la adquisición de los activos fijos productivos y el pago del Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A).

El montante total de la inversión de los activos fijos del proyecto asciende a:



| | TIPO I | TIPO II | TIPO III |
|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Ejecución material | 363.792,76 € | 418.029,55 € | 472.266,34 € |
| Gastos Generales(12%) | 43.655,13 € | 50.163,55 € | 56.671,96 € |
| Beneficio Industrial (7%) | 25.465,49 € | 29.262,07 € | 33.058,64 € |
| TOTAL SIN IVA | 432.913,38 € | 497.455,17 € | 561.996,94 € |
| I.V.A (16%) | 58.206,84 € | 66.884,73 € | 75.562,61 € |
| TOTAL | 489.120,22 € | 564.339,90 € | 637.559,55 € |

Tabla nº 4.1: Resumen presupuesto en las tres configuraciones estudiadas

Para inversiones inferiores a 2 millones de euros, en el que se incluye nuestro proyecto, entrarían dentro del tipo de interés Tramo 1:

| AÑOS | CARENCIA | TIPOS DE INTERES |
|------------------|--------------------|------------------|
| Fijo 3 años | Sin carencia | 3,623 |
| Fijo 5 años | Sin carencia | 4,047 |
| Fijo 5 años | 1 año de carencia | 4,097 |
| Fijo 7 años | Sin carencia | 4,410 |
| Fijo 7 años | 2 años de carencia | 4,512 |
| Fijo 10 años | Sin carencia | 4,829 |
| Fijo 10 años | 3 años de carencia | 4,954 |
| Fijo 12 años | Sin carencia | 5,041 |
| Fijo 12 años | 3 años de carencia | 5,138 |
| Fijo 15 años | Sin carencia | 5,278 |
| Fijo 15 años | 3 años de carencia | 5,348 |
| Fijo 20 años | Sin carencia | 5,507 |
| Fijo 20 años | 3 años de carencia | 5,548 |
| Variable 6 meses | | 2,943 |

Tabla nº 4.2: Resumen tipo de interés concedido por la línea ICO en función del periodo de amortización del crédito

Si se considera un crédito fijo sobre el 70% del montante total de la inversión, a 10 años sin carencia, obtenemos un crédito con un tipo de interés al 4,829 %.

La decisión de tomar un crédito se basa en obtener en todo momento al menos un cash flow anual positivo

El crédito se amortizará por el método Francés o método de las cuotas constantes, para un periodo de 10 años.



Para este tipo de crédito, la cuota de cada periodo se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\alpha_t = \frac{c_t}{a_{ni}}$$

Donde:

α_t : Cuota de pago de cada periodo.

c_t : Capital prestado.

a_{ni} : Valor actual de una renta constante, inmediata, postpagable, finita y unitaria durante n periodos al tipo de interés i.

$$a_{ni} = \left[\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right]$$

Donde:

i : Tipo de interés anual (%).

n : Número de periodos del crédito.

La cuota del periodo es igual a la suma de los intereses pagados más la parte del capital amortizado, es decir:

$$\alpha_t = I_t + A_t$$

Donde:

I_t : Intereses pagados en el periodo t.

A_t : Capital amortizado en el periodo t.

Los intereses en un periodo, se calculan a partir de la siguiente expresión:

$$I_t = C_{t-1} \times i$$

Donde:

C_{t-1} : Capital pendiente de amortizar en el periodo t-1.



i: Tipo de interés.

Por lo tanto:

$$A_t = \alpha_t - (C_{t-1} \times i)$$

A partir de estas ecuaciones, se obtiene el siguiente cuadro de amortizaciones del crédito, quedando de este modo:

| Año | α_t | A_t | I_t | M_t | C_t |
|------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 2010 | 56.087,04 | 35.766,41 | 20.320,63 | 35.766,41 | 410.525,27 |
| 2011 | 56.087,04 | 37.493,57 | 18.593,47 | 73.259,98 | 373.031,70 |
| 2012 | 56.087,04 | 39.304,13 | 16.782,90 | 112.564,12 | 333.727,57 |
| 2013 | 56.087,04 | 41.202,13 | 14.884,90 | 153.766,25 | 292.525,44 |
| 2014 | 56.087,04 | 43.191,78 | 12.895,25 | 196.958,03 | 249.333,66 |
| 2015 | 56.087,04 | 45.277,51 | 10.809,52 | 242.235,54 | 204.056,14 |
| 2016 | 56.087,04 | 47.463,96 | 8.623,07 | 289.699,51 | 156.592,18 |
| 2017 | 56.087,04 | 49.756,00 | 6.331,04 | 339.455,51 | 106.836,18 |
| 2018 | 56.087,04 | 52.158,72 | 3.928,32 | 391.614,22 | 54.677,46 |
| 2019 | 56.087,04 | 54.677,46 | 1.409,57 | 446.291,69 | 0,00 |

Tabla nº 4.3: Cuadro de amortización para un crédito del 70% durante 10 años para la configuración III al tipo de interés del 4,829%

| Año | α_t | A_t | I_t | M_t | C_t |
|------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 2010 | 49.645,80 | 31.658,87 | 17.986,93 | 31.658,87 | 363.379,06 |
| 2011 | 49.645,80 | 33.187,67 | 16.458,12 | 64.846,54 | 330.191,39 |
| 2012 | 49.645,80 | 34.790,31 | 14.855,49 | 99.636,84 | 295.401,09 |
| 2013 | 49.645,80 | 36.470,33 | 13.175,47 | 136.107,17 | 258.930,76 |
| 2014 | 49.645,80 | 38.231,48 | 11.414,32 | 174.338,66 | 220.699,27 |
| 2015 | 49.645,80 | 40.077,68 | 9.568,12 | 214.416,33 | 180.621,60 |
| 2016 | 49.645,80 | 42.013,03 | 7.632,77 | 256.429,37 | 138.608,56 |
| 2017 | 49.645,80 | 44.041,84 | 5.603,96 | 300.471,21 | 94.566,72 |
| 2018 | 49.645,80 | 46.168,62 | 3.477,18 | 346.639,83 | 48.398,10 |
| 2019 | 49.645,80 | 48.398,10 | 1.247,69 | 395.037,93 | 0,00 |

Tabla nº 4.4: Cuadro de amortización para un crédito del 70% durante 10 años para la configuración II al tipo de interés del 4,829%.



| Año | α_t | A_t | I_t | M_t | C_t |
|------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| 2010 | 43.028,59 | 27.439,11 | 15.589,48 | 27.439,11 | 314.944,89 |
| 2011 | 43.028,59 | 28.764,14 | 14.264,45 | 56.203,25 | 286.180,75 |
| 2012 | 43.028,59 | 30.153,17 | 12.875,43 | 86.356,42 | 256.027,58 |
| 2013 | 43.028,59 | 31.609,26 | 11.419,33 | 117.965,68 | 224.418,32 |
| 2014 | 43.028,59 | 33.135,67 | 9.892,92 | 151.101,35 | 191.282,65 |
| 2015 | 43.028,59 | 34.735,79 | 8.292,80 | 185.837,15 | 156.546,85 |
| 2016 | 43.028,59 | 36.413,19 | 6.615,41 | 222.250,33 | 120.133,67 |
| 2017 | 43.028,59 | 38.171,58 | 4.857,02 | 260.421,91 | 81.962,09 |
| 2018 | 43.028,59 | 40.014,88 | 3.013,71 | 300.436,80 | 41.947,20 |
| 2019 | 43.028,59 | 41.947,20 | 1.081,39 | 342.384,00 | 0,00 |

Tabla nº 4.5: Cuadro de amortización para un crédito del 70% durante 10 años para la configuración I al tipo de interés del 4,829%.

Tal y como se aprecia en los cuadros de amortización los gastos financieros anuales durante los 10 años del crédito, son respectivamente de 56087 € para la instalación con la configuración III, de 49645 € para la instalación de configuración II y de 43028€ para la instalación de la configuración I.

4.2.- Ingresos y costes esperados

4.2.1.- Costes

El funcionamiento de la central genera a lo largo del año unos costes directo y unos indirectos. A su vez cada uno de estos se pueden desglosar en fijos, expresados en euros, que no dependen de la cantidad de energía producida , y los variables, expresados en euro/kW h, que si que dependen de la energía producida.

4.2.1.1. Costes Directos.

Como costes directos se consideran los de manipulaciones directas sobre el producto vendido. Normalmente, el coste de la mano de obra directa se desglosa como coste fijo y el precio del combustible como coste variable. En nuestro caso, ninguno de ellos tiene relevancia puesto que la mano de obra que se puede considerar no influye sobre el producto final, y el combustible es gratuito.



4.2.1.2. Costes Indirectos.

Como costes indirectos fijos, existirá un seguro, unos costes de mantenimiento, la amortización de los equipos, unos costes financieros del pago de los créditos, unos costes de intereses generados por los créditos pedidos y el pago de la liquidación del iva.

El seguro se considerará el pago anual de una póliza que cubra cualquier circunstancia anómala que vaya en perjuicio del correcto funcionamiento de la central. Cubrirá circunstancias como el robo de los elementos, su rotura por circunstancias climáticas, etc. El coste anual de esta póliza se considerará de 900 € para todas las instalaciones más la subida anual del IPC.

El mantenimiento se considerará un pago anual por la subcontratación de este servicio. El mantenimiento se hará según se especifica en el apartado 8 del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE para Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red. El coste total de esta póliza se considerará del 1% de la facturación anual, incrementándose un 0,1% anual.

Se amortizará toda la inversión, es decir todo el material, la instalación y la obra civil en 25 años de manera lineal.

Los costes financieros y de intereses son la suma de los correspondientes créditos solicitados y pagados según lo considerado en el apartado 4.1

4.2.2- Ingresos.

Los ingresos vienen marcados por la venta directa de energía a la red según las condiciones marcadas por el RD 1578/2008 en el régimen especial de generación.

Según el real decreto, las instalaciones solares instaladas en terrenos no urbanizables, es decir en campo abierto, conocidas con el nombre de huertas solares, entraría dentro de Instalaciones Tipo II. La tarifa regulada aplicable a estas instalaciones viene determinada por la siguiente expresión:



$$T_n = T_{n-1} \left[\frac{(1 - A)x(P_0 - P)}{(0,25 \times P_0)} + A \right]$$

Donde:

T_n : Tarifa para las instalaciones pre-registradas asociadas a la convocatoria n.

T_{n-1} : Tarifa para las instalaciones pre-registradas asociadas a la convocatoria n-1.

P : Potencia pre-registrada en la convocatoria n-1.

P_0 : Cupo de potencia en la convocatoria n-1.

A : Factor 0,91/m, siendo m el número de convocatorias anuales.

Según el Ministerio de Industria, Comercio y Turismos, la tarifa eléctrica aplicable a instalaciones registradas en la 2ª convocatoria, en el registro de pre-asignación de la retribución, es de 26,5509 c€/kWh.

Según el mismo R.D. 1578/2008 el incremento del precio de venta futuro será del IPC-0,25% anual hasta el año 2012 y a partir de este año el incremento será del IPC-0,5%

Además, se tiene en cuenta que anualmente la producción de energía de las placas se va reduciendo en un 0,1% como consecuencia del paulatino envejecimiento de las placas solares.

4.2.3.- Cuadro de balance económico.

En este cuadro se desglosan los diferentes conceptos monetarios que se van sustrayendo de los ingresos, para finalmente obtener el flujo de caja o “Cash Flow” de la central en cada año de funcionamiento durante el periodo de vida útil de la central.

Para el seguimiento del balance económico se va a realizar un seguimiento de las siguientes variables, año a año, durante la vida útil de la central:

- Resultado bruto de la explotación.



Es la diferencia entre los ingresos generados por la central y los costes indirectos de la misma.

➤ Beneficio antes de impuestos e intereses (BAIT).

Se define como el resultado bruto de explotación menos la amortización de la instalación.

➤ Resultados antes de impuestos.

Se define como el beneficio antes de impuestos e intereses menos los gastos financieros.

➤ Beneficios después de impuestos.

Se define como el resultado antes de impuestos menos el pago por impuesto de sociedad.

➤ Impuesto de Sociedades

Se calcula como el 35% sobre el beneficio antes de impuestos siempre que se obtengan resultados positivos.

Este tipo de instalaciones tienen ventajas de desgravación de un 2% de la inversión facturada en el impuesto de sociedades durante el año 2010.

➤ Flujo de Caja (Cash Flow):

Se define como el beneficio después de impuestos más la amortización.

Para cada una de los tres posibles configuraciones, nos quedan los siguientes cuadros del balance económico para los 25 años del proyecto



| AÑO | ENERGIA GENERADA | PRECIO TARIFA | VENTAS | GASTOS | RESULTADO BRUTO EXPLOTACION | BAIT | GASTOS FINANCIEROS | RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS | BENEFICIOS DESPUES DE IMPUESTOS BDT | CASH FLOW |
|------|---------------------|------------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|
| | Kwh | €/Kwh | € | € | € | € | € | € | € | € |
| 2010 | 178.737,32 | 0,266 | 47.456,37 | 1849,127 | 45.607,240 | 26.042,440 | 43.028,594 | -16.986,154 | -16.986,154 | 2.578,646 |
| 2011 | 178.558,58 | 0,275 | 49.036,93 | 1913,895 | 47.123,038 | 27.558,238 | 43.028,594 | -15.470,356 | -15.470,356 | 4.094,444 |
| 2012 | 178.380,02 | 0,284 | 50.670,14 | 1980,936 | 48.689,204 | 29.124,404 | 43.028,594 | -13.904,190 | -13.904,190 | 5.660,610 |
| 2013 | 178.201,64 | 0,293 | 52.231,19 | 2047,801 | 50.183,393 | 30.618,593 | 43.028,594 | -12.410,001 | -12.410,001 | 7.154,799 |
| 2014 | 178.023,44 | 0,302 | 53.840,34 | 2116,941 | 51.723,400 | 32.158,600 | 43.028,594 | -10.869,994 | -10.869,994 | 8.694,806 |
| 2015 | 177.845,42 | 0,312 | 55.499,06 | 2188,434 | 53.310,628 | 33.745,828 | 43.028,594 | -9.282,766 | -9.282,766 | 10.282,034 |
| 2016 | 177.667,57 | 0,322 | 57.208,89 | 2262,361 | 54.946,526 | 35.381,726 | 43.028,594 | -7.646,868 | -7.646,868 | 11.917,932 |
| 2017 | 177.489,91 | 0,332 | 58.971,39 | 2338,805 | 56.632,582 | 37.067,782 | 43.028,594 | -5.960,812 | -5.960,812 | 13.603,988 |
| 2018 | 177.312,42 | 0,343 | 60.788,19 | 2417,852 | 58.370,335 | 38.805,535 | 43.028,594 | -4.223,059 | -4.223,059 | 15.341,741 |
| 2019 | 177.135,10 | 0,354 | 62.660,96 | 2499,593 | 60.161,367 | 40.596,567 | 43.028,594 | -2.432,027 | -2.432,027 | 17.132,773 |
| 2020 | 176.957,97 | 0,365 | 64.591,43 | 2584,118 | 62.007,310 | 42.442,510 | 0,000 | 42.442,510 | 27.587,631 | 47.152,431 |
| 2021 | 176.781,01 | 0,377 | 66.581,37 | 2671,525 | 63.909,846 | 44.345,046 | 0,000 | 44.345,046 | 28.824,280 | 48.389,080 |
| 2022 | 176.604,23 | 0,389 | 68.632,62 | 2761,912 | 65.870,709 | 46.305,909 | 0,000 | 46.305,909 | 30.098,841 | 49.663,641 |
| 2023 | 176.427,63 | 0,401 | 70.747,07 | 2855,381 | 67.891,684 | 48.326,884 | 0,000 | 48.326,884 | 31.412,475 | 50.977,275 |
| 2024 | 176.251,20 | 0,414 | 72.926,65 | 2952,039 | 69.974,614 | 50.409,814 | 0,000 | 50.409,814 | 32.766,379 | 52.331,179 |
| 2025 | 176.074,95 | 0,427 | 75.173,39 | 3051,994 | 72.121,394 | 52.556,594 | 0,000 | 52.556,594 | 34.161,786 | 53.726,586 |
| 2026 | 175.898,87 | 0,441 | 77.489,34 | 3155,361 | 74.333,981 | 54.769,181 | 0,000 | 54.769,181 | 35.599,968 | 55.164,768 |
| 2027 | 175.722,97 | 0,455 | 79.876,65 | 3262,257 | 76.614,390 | 57.049,590 | 0,000 | 57.049,590 | 37.082,233 | 56.647,033 |
| 2028 | 175.547,25 | 0,469 | 82.337,50 | 3372,802 | 78.964,697 | 59.399,897 | 0,000 | 59.399,897 | 38.609,933 | 58.174,733 |
| 2029 | 175.371,70 | 0,484 | 84.874,17 | 3487,123 | 81.387,043 | 61.822,243 | 0,000 | 61.822,243 | 40.184,458 | 59.749,258 |
| 2030 | 175.196,33 | 0,499 | 87.488,98 | 3605,350 | 83.883,633 | 64.318,833 | 0,000 | 64.318,833 | 41.807,241 | 61.372,041 |
| 2031 | 175.021,13 | 0,515 | 90.184,36 | 3727,616 | 86.456,741 | 66.891,941 | 0,000 | 66.891,941 | 43.479,761 | 63.044,561 |
| 2032 | 174.846,11 | 0,532 | 92.962,77 | 3854,062 | 89.108,709 | 69.543,909 | 0,000 | 69.543,909 | 45.203,541 | 64.768,341 |
| 2033 | 174.671,27 | 0,549 | 95.826,78 | 3984,831 | 91.841,952 | 72.277,152 | 0,000 | 72.277,152 | 46.980,149 | 66.544,949 |
| 2034 | 174.496,60 | 0,566 | 98.779,03 | 4120,072 | 94.658,958 | 75.094,158 | 0,000 | 75.094,158 | 48.811,203 | 68.376,003 |
| 2035 | 174.322,10 | 0,584 | 101.822,23 | 4259,939 | 97.562,291 | 77.997,491 | 0,000 | 77.997,491 | 50.698,369 | 70.263,169 |

Tabla nº 4.6: Balance económico para la configuración I durante el periodo 2010-2035



| AÑO | ENERGIA GENERADA | PRECIO TARIFA | VENTAS | GASTOS | RESULTADO BRUTO EXPLOTACION | BAIT | GASTOS FINANCIEROS | RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS | BENEFICIOS DESPUES DE IMPUESTOS BDT | CASH FLOW |
|------|---------------------|------------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------|--|------------|
| | KWH | €/Kwh | € | € | € | € | € | € | € | € |
| 2010 | 192.891,54 | 0,266 | 51.214,44 | 1924,289 | 49.290,151 | 26.716,555 | 49.645,797 | -22.929,242 | -22.929,242 | -355,646 |
| 2011 | 192.698,65 | 0,275 | 52.920,17 | 1991,559 | 50.928,611 | 28.355,015 | 49.645,797 | -21.290,782 | -21.290,782 | 1.282,814 |
| 2012 | 192.505,95 | 0,284 | 54.682,71 | 2061,188 | 52.621,524 | 30.047,928 | 49.645,797 | -19.597,869 | -19.597,869 | 2.975,727 |
| 2013 | 192.313,44 | 0,293 | 56.367,39 | 2130,525 | 54.236,860 | 31.663,264 | 49.645,797 | -17.982,533 | -17.982,533 | 4.591,063 |
| 2014 | 192.121,13 | 0,302 | 58.103,96 | 2202,214 | 55.901,747 | 33.328,151 | 49.645,797 | -16.317,646 | -16.317,646 | 6.255,950 |
| 2015 | 191.929,01 | 0,312 | 59.894,04 | 2276,334 | 57.617,703 | 35.044,107 | 49.645,797 | -14.601,690 | -14.601,690 | 7.971,906 |
| 2016 | 191.737,08 | 0,322 | 61.739,26 | 2352,968 | 59.386,294 | 36.812,698 | 49.645,797 | -12.833,100 | -12.833,100 | 9.740,496 |
| 2017 | 191.545,34 | 0,332 | 63.641,34 | 2432,204 | 61.209,131 | 38.635,535 | 49.645,797 | -11.010,262 | -11.010,262 | 11.563,334 |
| 2018 | 191.353,80 | 0,343 | 65.602,01 | 2514,129 | 63.087,879 | 40.514,283 | 49.645,797 | -9.131,514 | -9.131,514 | 13.442,082 |
| 2019 | 191.162,44 | 0,354 | 67.623,08 | 2598,835 | 65.024,250 | 42.450,654 | 49.645,797 | -7.195,144 | -7.195,144 | 15.378,452 |
| 2020 | 190.971,28 | 0,365 | 69.706,43 | 2686,418 | 67.020,009 | 44.446,413 | 0,000 | 44.446,413 | 28.890,169 | 51.463,765 |
| 2021 | 190.780,31 | 0,377 | 71.853,95 | 2776,977 | 69.076,978 | 46.503,382 | 0,000 | 46.503,382 | 30.227,198 | 52.800,794 |
| 2022 | 190.589,53 | 0,389 | 74.067,64 | 2870,613 | 71.197,030 | 48.623,434 | 0,000 | 48.623,434 | 31.605,232 | 54.178,828 |
| 2023 | 190.398,94 | 0,401 | 76.349,53 | 2967,431 | 73.382,100 | 50.808,504 | 0,000 | 50.808,504 | 33.025,527 | 55.599,123 |
| 2024 | 190.208,54 | 0,414 | 78.701,72 | 3067,540 | 75.634,179 | 53.060,583 | 0,000 | 53.060,583 | 34.489,379 | 57.062,975 |
| 2025 | 190.018,33 | 0,427 | 81.126,37 | 3171,054 | 77.955,320 | 55.381,724 | 0,000 | 55.381,724 | 35.998,121 | 58.571,717 |
| 2026 | 189.828,31 | 0,441 | 83.625,73 | 3278,089 | 80.347,640 | 57.774,044 | 0,000 | 57.774,044 | 37.553,128 | 60.126,724 |
| 2027 | 189.638,49 | 0,455 | 86.202,08 | 3388,765 | 82.813,318 | 60.239,722 | 0,000 | 60.239,722 | 39.155,819 | 61.729,415 |
| 2028 | 189.448,85 | 0,469 | 88.857,81 | 3503,208 | 85.354,602 | 62.781,006 | 0,000 | 62.781,006 | 40.807,654 | 63.381,250 |
| 2029 | 189.259,40 | 0,484 | 91.595,36 | 3621,547 | 87.973,809 | 65.400,213 | 0,000 | 65.400,213 | 42.510,139 | 65.083,735 |
| 2030 | 189.070,14 | 0,499 | 94.417,24 | 3743,915 | 90.673,326 | 68.099,730 | 0,000 | 68.099,730 | 44.264,824 | 66.838,420 |
| 2031 | 188.881,07 | 0,515 | 97.326,06 | 3870,451 | 93.455,612 | 70.882,016 | 0,000 | 70.882,016 | 46.073,310 | 68.646,906 |
| 2032 | 188.692,19 | 0,532 | 100.324,50 | 4001,297 | 96.323,202 | 73.749,606 | 0,000 | 73.749,606 | 47.937,244 | 70.510,840 |
| 2033 | 188.503,50 | 0,549 | 103.415,31 | 4136,602 | 99.278,711 | 76.705,115 | 0,000 | 76.705,115 | 49.858,324 | 72.431,920 |
| 2034 | 188.314,99 | 0,566 | 106.601,35 | 4276,519 | 102.324,829 | 79.751,233 | 0,000 | 79.751,233 | 51.838,302 | 74.411,898 |
| 2035 | 188.126,68 | 0,584 | 109.885,54 | 4421,205 | 105.464,334 | 82.890,738 | 0,000 | 82.890,738 | 53.878,980 | 76.452,576 |

Tabla nº 4.7: Balance económico para la configuración II durante el periodo 2010-2035



| AÑO | ENERGIA GENERADA | PRECIO TARIFA | VENTAS | GASTOS | RESULTADO BRUTO EXPLOTACION | BAIT | GASTOS FINANCIEROS | RESULTADO ANTES DE IMPUESTOS | BENEFICIOS DESPUES DE IMPUESTOS BDT | CASH FLOW |
|------|---------------------|------------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------|---|--------------|
| | KWH | €/Kwh | € | € | € | € | € | € | € | € |
| 2010 | 207.045,76 | 0,266 | 54.972,51 | 1999,450 | 52.973,062 | 27.470,680 | 56.087,036 | -28.616,356 | -28.616,356 | -3.113,974 |
| 2011 | 206.838,71 | 0,275 | 56.803,41 | 2069,224 | 54.734,184 | 29.231,802 | 56.087,036 | -26.855,234 | -26.855,234 | -1.352,852 |
| 2012 | 206.631,88 | 0,284 | 58.695,28 | 2141,439 | 56.553,844 | 31.051,462 | 56.087,036 | -25.035,574 | -25.035,574 | 466,808 |
| 2013 | 206.425,24 | 0,293 | 60.503,58 | 2213,249 | 58.290,328 | 32.787,946 | 56.087,036 | -23.299,090 | -23.299,090 | 2.203,292 |
| 2014 | 206.218,82 | 0,302 | 62.367,58 | 2287,486 | 60.080,095 | 34.577,713 | 56.087,036 | -21.509,323 | -21.509,323 | 3.993,059 |
| 2015 | 206.012,60 | 0,312 | 64.289,01 | 2364,233 | 61.924,778 | 36.422,396 | 56.087,036 | -19.664,640 | -19.664,640 | 5.837,742 |
| 2016 | 205.806,59 | 0,322 | 66.269,64 | 2443,576 | 63.826,062 | 38.323,680 | 56.087,036 | -17.763,356 | -17.763,356 | 7.739,026 |
| 2017 | 205.600,78 | 0,332 | 68.311,28 | 2525,603 | 65.785,681 | 40.283,299 | 56.087,036 | -15.803,738 | -15.803,738 | 9.698,644 |
| 2018 | 205.395,18 | 0,343 | 70.415,83 | 2610,405 | 67.805,423 | 42.303,041 | 56.087,036 | -13.783,995 | -13.783,995 | 11.718,387 |
| 2019 | 205.189,78 | 0,354 | 72.585,21 | 2698,078 | 69.887,133 | 44.384,751 | 56.087,036 | -11.702,285 | -11.702,285 | 13.800,097 |
| 2020 | 204.984,59 | 0,365 | 74.821,43 | 2788,718 | 72.032,709 | 46.530,327 | 0,000 | 46.530,327 | 30.244,712 | 55.747,094 |
| 2021 | 204.779,61 | 0,377 | 77.126,54 | 2882,429 | 74.244,109 | 48.741,727 | 0,000 | 48.741,727 | 31.682,123 | 57.184,505 |
| 2022 | 204.574,83 | 0,389 | 79.502,66 | 2979,313 | 76.523,351 | 51.020,969 | 0,000 | 51.020,969 | 33.163,630 | 58.666,012 |
| 2023 | 204.370,26 | 0,401 | 81.952,00 | 3079,480 | 78.872,515 | 53.370,133 | 0,000 | 53.370,133 | 34.690,587 | 60.192,969 |
| 2024 | 204.165,89 | 0,414 | 84.476,79 | 3183,042 | 81.293,744 | 55.791,362 | 0,000 | 55.791,362 | 36.264,385 | 61.766,767 |
| 2025 | 203.961,72 | 0,427 | 87.079,36 | 3290,114 | 83.789,246 | 58.286,864 | 0,000 | 58.286,864 | 37.886,461 | 63.388,843 |
| 2026 | 203.757,76 | 0,441 | 89.762,11 | 3400,817 | 86.361,298 | 60.858,916 | 0,000 | 60.858,916 | 39.558,295 | 65.060,677 |
| 2027 | 203.554,00 | 0,455 | 92.527,52 | 3515,274 | 89.012,246 | 63.509,864 | 0,000 | 63.509,864 | 41.281,412 | 66.783,794 |
| 2028 | 203.350,45 | 0,469 | 95.378,12 | 3633,615 | 91.744,508 | 66.242,126 | 0,000 | 66.242,126 | 43.057,382 | 68.559,764 |
| 2029 | 203.147,10 | 0,484 | 98.316,55 | 3755,971 | 94.560,576 | 69.058,194 | 0,000 | 69.058,194 | 44.887,826 | 70.390,208 |
| 2030 | 202.943,95 | 0,499 | 101.345,50 | 3882,480 | 97.463,019 | 71.960,637 | 0,000 | 71.960,637 | 46.774,414 | 72.276,796 |
| 2031 | 202.741,00 | 0,515 | 104.467,77 | 4013,285 | 100.454,483 | 74.952,101 | 0,000 | 74.952,101 | 48.718,865 | 74.221,247 |
| 2032 | 202.538,26 | 0,532 | 107.686,23 | 4148,531 | 103.537,696 | 78.035,314 | 0,000 | 78.035,314 | 50.722,954 | 76.225,336 |
| 2033 | 202.335,73 | 0,549 | 111.003,84 | 4288,372 | 106.715,469 | 81.213,087 | 0,000 | 81.213,087 | 52.788,507 | 78.290,889 |
| 2034 | 202.133,39 | 0,566 | 114.423,67 | 4432,965 | 109.990,701 | 84.488,319 | 0,000 | 84.488,319 | 54.917,407 | 80.419,789 |
| 2035 | 201.931,26 | 0,584 | 117.948,85 | 4582,472 | 113.366,377 | 87.863,995 | 0,000 | 87.863,995 | 57.111,597 | 82.613,979 |

Tabla nº 4.8: Balance económico para la configuración III durante el periodo 2010-2035



4.3.- Evaluación de la rentabilidad.

Para evaluar la rentabilidad de las diferentes opciones del proyecto se va a utilizar cuatro parámetros:

➤ Valor Actualizado Neto (VAN):

Se define como el valor actual de todos los flujos de caja generados por dicha inversión.

$$VAN = -P_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t}$$

Donde:

Po: Inversión inicial.

Qt: Flujo de caja de cada año.

i: tasa de descuento o de la actualización (se va a definir como la media ponderada del coste de la deuda durante el tiempo que se tenga deuda y el coste de oportunidad si se hubiera invertido en renta fija, en este caso deuda pública española). En nuestro caso concreto puesto que el interés de la deuda durante los 10 años de préstamo esta en el 4,829% fijo y el interés de la deuda española medio se supone de un 3,5%, nos queda un valor medio de tasa de descuento de 4,0316%.

De tal manera, que para comparar varias inversiones será más rentable cuanto mayor sea el valor del VAN, teniendo que ser de cualquier forma siempre superior a 0

➤ Tasa Interna de Rentabilidad (TIR):

Se define como el tipo de actualización que iguala el valor actualizado de los cobros con el valor actualizado de los pagos. Se trata de la rentabilidad de la inversión.



$$VAN = 0 = -P_0 + \sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

Po: Inversión inicial.

Qt: Flujo de caja de cada año.

r: Tasa Interna de Rentabilidad.

Para decidir si se lleva a cabo una inversión, se fijará un interés de referencia de tal manera que únicamente si r es superior a esta rentabilidad, la inversión será rentable.

➤ Plazo de Recuperación Descontado (PAYBACK DESCONTADO):

Se define como el periodo que necesita la inversión para que el valor actual de los flujos de caja generados iguale al desembolso inicial de inversión.

$$P_0 = \sum_{t=1}^P \frac{Q_t}{(1+i)^n}$$

Donde:

Po: Inversión inicial.

Qt: Flujo de caja de cada año.

I: Coste de oportunidad (Interés de la deuda financiera).

P: Plazo de Recuperación Descontado

➤ Criterio del Índice de Rentabilidad:

Se define como el flujo de caja total actualizado por unidad monetaria invertida.



$$R = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Q_t}{(1+i)^t}}{P_0}$$

Una vez definido todo esto, nos encontramos con los siguientes resultados de rentabilidad para cada una de las tres configuraciones, de acuerdo a la premisa de financiar el 70% de la inversión con un crédito a 10 años.

| AÑO | CONFIGURACIÓN TIPO I | | | | CONFIGURACIÓN TIPO II | | | | CONFIGURACIÓN TIPO III | | | |
|------|----------------------|--------|-----|------|-----------------------|--------|------|------|------------------------|--------|------|------|
| | VAN | TIR | R | PAYB | VAN | TIR | R | PAYB | VAN | TIR | R | PAYB |
| 2010 | -486.641 | | | | -564.682 | | | | -640.553 | | | |
| 2011 | -482.858 | | | | -563.496 | | | | -641.803 | | | |
| 2012 | -477.830 | | | | -560.853 | | | | -641.388 | | | |
| 2013 | -471.722 | | | | -556.934 | | | | -639.507 | | | |
| 2014 | -464.586 | | | | -551.800 | | | | -636.230 | | | |
| 2015 | -456.475 | | | | -545.511 | | | | -631.625 | | | |
| 2016 | -447.438 | | | | -538.125 | | | | -625.756 | | | |
| 2017 | -437.521 | | | | -529.696 | | | | -618.687 | | | |
| 2018 | -426.772 | | | | -520.277 | | | | -610.476 | | | |
| 2019 | -415.233 | | | | -509.920 | | | | -601.182 | | | |
| 2020 | -384.706 | | | | -476.601 | | | | -565.090 | | | |
| 2021 | -354.592 | -9,313 | | | -443.742 | | | | -529.503 | | | |
| 2022 | -324.883 | -6,641 | | | -411.332 | -7,911 | | | -494.408 | | | |
| 2023 | -295.570 | -4,607 | | | -379.361 | -5,743 | | | -459.796 | -6,592 | | |
| 2024 | -266.644 | -2,994 | | | -347.820 | -4,035 | | | -425.655 | -4,810 | | |
| 2025 | -238.098 | -1,681 | | | -316.700 | -2,649 | | | -391.975 | -3,368 | | |
| 2026 | -209.924 | -0,592 | | | -285.992 | -1,502 | | | -358.747 | -2,176 | | |
| 2027 | -182.114 | 0,3262 | | | -255.686 | -0,536 | | | -325.960 | -1,173 | | |
| 2028 | -154.661 | 1,1082 | | | -225.776 | 0,287 | | | -293.606 | -0,320 | | |
| 2029 | -127.557 | 1,7811 | | | -196.253 | 0,994 | | | -261.676 | 0,414 | | |
| 2030 | -100.796 | 2,3647 | | | -167.108 | 1,608 | | | -230.160 | 1,051 | | |
| 2031 | -74.371 | 2,8746 | | | -138.335 | 2,145 | | | -199.051 | 1,608 | | |
| 2032 | -48.276 | 3,3228 | | | -109.926 | 2,617 | | | -168.339 | 2,098 | | |
| 2033 | -22.504 | 3,7188 | | | -81.874 | 3,035 | | | -138.018 | 2,531 | | |
| 2034 | 2.951 | 4,0705 | | | -54.172 | 3,406 | | | -108.080 | 2,917 | | |
| 2035 | 28.095 | 4,3842 | 1,1 | 23 | -26.814 | 3,737 | 0,99 | | -78.516 | 3,261 | 0,91 | |

Tabla nº 4.9: Evolución rentabilidad para las tres configuraciones estudiadas durante el periodo 2010-2035

Tal y como se puede apreciar en la tabla 4.9, únicamente para la instalación con la configuración I, se obtiene un VAN positivo, con un valor del TIR del 4,3842%, ligeramente superior a la tasa de descuento contemplada para los próximos 25 años del 4,0316%, con una rentabilidad del 10% y con un payback de 23 años, atendiendo a todo esto, la inversión sería rentable, pero únicamente para explotaciones a partir de los 23 años de vida.



Para el resto de las configuraciones, se obtienen valores de VAN negativos y de TIR inferiores a la tasa de descuento, por lo que no serían inversiones rentables y por lo tanto no realizables desde el punto de vista económico.

Para la configuración I, aunque rentable a partir de los 23 años de explotación, los riesgos superan a los beneficios, por lo que únicamente se recomendaría llevar a cabo la inversión para usuarios con la suficiente capacidad para afrontar gran parte de los gastos de la inversión con capital propio y mejorar las condiciones de rentabilidad hasta alcanzar un TIR al menos del 7%.

Esta circunstancia se daría reduciendo los gastos financieros mediante la reducción de la cantidad monetaria del crédito. Esta situación en concreto, en la configuración I, se daría con la financiación del 80% con capital propio (390.000€), reduciendo el crédito a 5 años y con un interés del 4,047%. Con esta situación se obtienen los siguientes resultados:

| AÑO | CONFIGURACIÓN TIPO I | | | |
|------|----------------------|-----|-----|------|
| | VAN | TIR | R | PAYB |
| 2010 | -478.323 | | | |
| 2011 | -466.478 | | | |
| 2012 | -453.623 | | | |
| 2013 | -419.250 | | | |
| 2014 | -385.201 | | | |
| 2015 | -351.470 | -22 | | |
| 2016 | -318.049 | -16 | | |
| 2017 | -284.932 | -11 | | |
| 2018 | -252.112 | -8 | | |
| 2019 | -219.581 | -5 | | |
| 2020 | -187.335 | -3 | | |
| 2021 | -155.367 | -2 | | |
| 2022 | -123.670 | 0 | | |
| 2023 | -92.240 | 1 | | |
| 2024 | -61.071 | 2 | | |
| 2025 | -30.157 | 3 | | |
| 2026 | 506 | 4 | | |
| 2027 | 30.925 | 4 | | |
| 2028 | 61.103 | 5 | | |
| 2029 | 91.045 | 5 | | |
| 2030 | 120.756 | 6 | | |
| 2031 | 150.241 | 6 | | |
| 2032 | 179.504 | 6 | | |
| 2033 | 208.548 | 6 | | |
| 2034 | 237.378 | 7 | | |
| 2035 | 265.998 | 7 | 1,6 | 16 |

Tabla nº 4.10: Evolución de la rentabilidad I financiada con un 20% de capital ajeno durante el periodo 2010-2035

Tal y como se aprecia en la tabla 4.10, los resultados obtenidos serían de un VAN de 265.998 € y de una rentabilidad del 60% de la inversión, en cualquier



caso el periodo de amortización o payback es de 16 años, un valor que sigue siendo muy elevado.

4.4.-Análisis de la sensibilidad

Dada la incertidumbre existente ante los escenarios futuros, a continuación se va a hacer un estudio de la sensibilidad de la rentabilidad de las inversiones ante cambios de algunas de las principales variables afectadas por esta incertidumbre:

- Tipo de interés del crédito obtenido.
- Variación del IPC.
- Variación del rendimiento global de la instalación.
- Variación de la tasa de actualización o descuento

4.4.1.- Variación del tipo de interés del crédito obtenido

El tipo de interés del crédito marca los gastos financieros como consecuencia del interés pagado por el crédito. Un aumento o descenso de los mismos conlleva que la rentabilidad de la inversión varíe. En el presente estudio se ha considerado el crédito obtenido a través de la línea ICO Energía sostenible, una variación del tipo de interés conllevaría lo siguiente en la rentabilidad.

| VARIACION | CONFIGURACION I | | | CONFIGURACION II | | | CONFIGURACION III | | |
|-----------|-----------------|-------|------|------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
| | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r |
| -10% | 51.802 | 4,479 | 1,15 | -755 | 3,83 | 1,04 | -50.132 | 3,353 | 0,96 |
| 0 | 28.095 | 4,384 | 1,10 | -26.814 | 3,737 | 0,99 | -78.516 | 3,261 | 0,91 |
| 10% | 5.047 | 4,289 | 1,05 | -52.149 | 3,643 | 0,95 | -106.117 | 3,169 | 0,87 |

Tabla nº 4.11: Evolución de la rentabilidad para las tres configuraciones estudiadas para el año 2035 ante la variación del tipo de interés del crédito.

Se puede ver que variaciones del tipo de interés del 10% conllevan una variación del 2,1% del TIR para la configuración I, del 2,5% del TIR para la configuración II y del 2,8% para la configuración III. Esta variación en la



sensibilidad según el tipo de configuración es debido a que cuanto mayor es la cantidad monetaria del crédito, mayor es la sensibilidad de la rentabilidad ante cambios del mismo.

4.4.2.- Variación del IPC

| VARIACION | CONFIGURACION I | | | CONFIGURACION II | | | CONFIGURACION III | | |
|-----------|-----------------|-------|------|------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
| | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r |
| -10% | 2129 | 4,004 | 1,04 | -59.482 | 3,361 | 0,93 | -113.629 | 2,889 | 0,86 |
| 0 | 28.095 | 4,384 | 1,10 | -26.814 | 3,737 | 0,99 | -78.516 | 3,261 | 0,91 |
| 10% | 59.279 | 4,757 | 1,17 | 6.893 | 4,106 | 1,05 | -42.286 | 3,627 | 0,97 |

Tabla nº 4.12: Evolución de la rentabilidad para las tres configuraciones estudiadas para el año 2035 ante la variación del IPC.

Se observa, como ante la variación del 10% del IPC, se significa en variaciones del 8,5% en el TIR para la configuración I, del 9,8% para la configuración II y del 10,09% para la configuración III.

4.4.3.- Variación del rendimiento global de la instalación

El rendimiento global medio anual del sistema engloba todas las pérdidas que se pueden dar según se define en los cálculos realizados en el apartado 2. En la práctica siempre puede haber pequeñas variaciones en el mismo como consecuencia de diversos factores.

| VARIACION | CONFIGURACION I | | | CONFIGURACION II | | | CONFIGURACION III | | |
|-----------|-----------------|--------|------|------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
| | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r |
| -1% | 19804 | 4,281 | 1,08 | -35760 | 3,638 | 0,98 | -88119 | 3,166 | 0,90 |
| 0 | 28095 | 4,3842 | 1,10 | -26814 | 3,737 | 0,99 | -78516 | 3,261 | 0,91 |
| 1% | 36385 | 4,488 | 1,19 | -17866 | 3,836 | 1,00 | -68912 | 3,357 | 0,92 |

Tabla nº 4.13: Evolución de la rentabilidad para las tres configuraciones estudiadas para el año 2035 ante la variación del rendimiento global de la instalación



Se aprecia que una variación del 1% en el rendimiento global de la instalación supone un variación del 2,3% del TIR en la configuración I, del 2,6% en la configuración II, y del 2,8% en la configuración III

4.4.4.- Variación de la tasa de actualización o descuento

Como ya se ha comentado en los apartados anteriores la tasa de descuento de actualización representa la tasa de descuento con que se actualiza el valor futuro del dinero al valor actual, representa lo que hemos dejado de ganar por invertir el dinero aquí en lugar de otro sitio. Se suele tomar como el valor de renta fija segura donde podríamos haber invertido, en este caso la renta fija segura por excelencia es la emisión de deuda del estado. Variaciones en esta tasa no afectan significativamente al TIR pero si al VAN.

| VARIACION | CONFIGURACION I | | | CONFIGURACION II | | | CONFIGURACION III | | |
|-----------|-----------------|-------|------|------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
| | VAN | TIR | r | VAN | TIR | r | VAN | TIR | R |
| -10% | 62.645 | 4,384 | 1,17 | 10.292 | 3,737 | 1,06 | -38.840 | 3,261 | 0,97 |
| 0 | 28.095 | 4,384 | 1,10 | -26.814 | 3,737 | 0,99 | -78.516 | 3,261 | 0,91 |
| 10% | -3.819 | 4,384 | 1,04 | -61.065 | 3,737 | 0,93 | -115.119 | 3,002 | 0,86 |

Tabla nº 4.14: Evolución de la rentabilidad para las tres configuraciones estudiadas para el año 2035 ante la variación de la tasa de descuento.

4.5.- Resultados análisis de rentabilidad

A la vista de estos resultados y suponiendo que las variaciones máximas en estas cuatro variables en los escenarios futuros son las estudiadas en los apartados anteriores. Nos encontraríamos para el escenario a partir del cual se realizaría la inversión (TIR del 7% con la Configuración I y el 80% de la inversión con capital propio) con los siguientes resultados de rentabilidad máximos o mínimos.

Conocida que la máxima rentabilidad se dará con valores del IPC y rendimiento global de la instalación máximos y el tipo de interés y la Tasa de descuento mínimos y por el contrario, los valores de rentabilidad mínimas se darán para



valores del IPC y rendimiento de la instalación mínimas y los valores de la tasa de descuento y interés máximos. Así nos queda:

| ESCENARIO | CONFIGURACION I | | |
|-----------|-----------------|------|------|
| | VAN | TIR | r |
| MEJOR | 349.679 | 7,50 | 1,77 |
| NORMAL | 265.998 | 7,00 | 1,60 |
| PEOR | 200.053 | 6,68 | 1,47 |

Tabla nº 4.15: Comparativa en rentabilidad para el mejor escenario futuro con el peor escenario.

Por lo tanto se puede concluir diciendo que la inversión en la planta solar fotovoltaica con configuración I (Captadores fijos) con una potencia nominal 100 Kw instalada en la parcela en estudio y con una financiación de un 80 % de capital propio, tendría una rentabilidad y unos riesgos aceptables, puesto que tal y como se ve en la tabla 4.15, los dos escenarios extremos suponen unos beneficios y una rentabilidad positivas.

5.-CONCLUSIONES



5.-CONCLUSIONES

En el proyecto se han establecido las características, factores y aspectos técnicos y económicos que permiten realizar la ejecución de obra de una de una planta solar fotovoltaica de 100 KWp de acuerdo a tres posibles configuraciones de los paneles solares. Instalación Fija, Instalación con seguidores solares de 2 ejes y mixta entre las dos anteriores. Todas ellas conectadas siguiendo las disposiciones legales actuales en materia de producción eléctrica en régimen especial de acuerdo al R.D.1578/2008 del 23 de diciembre, por el que se puede inyectar la energía eléctrica producida a la red pública y facturar dicha producción a la compañía eléctrica al precio que marca la legislación vigente.

La producción de energía esperada para la configuración I es de 178.737,32 Kwh/año, para la configuración II es de 192.891,54 Kwh/año y para la configuración III es de 207.045,76 Kwh/año. La mejora del rendimiento de la instalación para la planta con seguidores solares de dos ejes es de un 15,8% con respecto a la planta solar de instalación fija.

De cualquier forma, el estudio económico revela que el aumento de la inversión que significa la instalación no se justifica económicamente a pesar del aumento del rendimiento, puesto que los costes de la implantación suponen un aumento del 30,3% de la inversión.

De las tres configuraciones estudiadas la más rentable es la configuración I en la que los paneles solares adquirirían una configuración fija sin seguidores solares.

El coste total material de la instalación es de 363.792€, a eso habría que añadir un 12% de gastos generales, un 7% de beneficio industrial y a esta suma el 16% del IVA dando un total de 489.120,22 €

Para la situación de la financiación del 30% de la inversión con capital propio y el resto mediante un crédito a 10 años a través de la línea ICO a un interés del 4,829%, la rentabilidad que se obtiene es de un VAN a 25 años de 28.095€ y un valor del TIR de 4,38%.



Los principales riesgos son un menor rendimiento global de la instalación y un precio de venta de energía inferior. Para minimizar la pérdida de rendimiento cabe seleccionar la ubicación y la tecnología más adecuada para el tipo de radiación existente, exigir garantías al fabricante, realizar una gestión profesionalizada del mantenimiento y explotación. También es posible contratar seguros que incluyan lucro cesante. El riesgo del precio de venta de energía no existe ya que el precio está amparado por el Real Decreto 1578 / 2008, con garantía de no retroactividad. Además existe consenso de todas las fuerzas políticas en España y la UE de la necesidad de mantener o mejorar los incentivos económicos a las energías renovables.

A la vista de los resultados, se puede concluir que **en el contexto actual, desde la implantación del nuevo sistema de tarifas impuesto por el R.D.1578/2008 y la desaparición de las subvenciones sobre la inversión y mientras no se reduzca el coste o mejore la eficiencia de la tecnología la implantación de la denominada “huerta solar” es económicamente inviable en la parcela en estudio para cualquiera de las configuraciones consideradas en la presente memoria excepto para usuarios que tengan gran capacidad de independencia económica a la hora de poder autofinanciarse sin necesidad de recurrir a fondos ajenos.**

La obtención de un TIR del 7% a 25 años se consigue autofinanciándose con recursos propios en un 80% (390.000€), consiguiendo en este caso un VAN a 25 años de 265.998€.

6.-BIBLIOGRAFIA



6.-BIBLIOGRAFIA

6.1.-DISPOSICIONES GENERALES Y NORMAS APLICADAS

Para el estudio del proyecto en cuestión, se ha tenido en consideración las normas incluidas en el actual marco legislativo para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red:

- Ley 54/1997 del Sector Eléctrico, que establece los principios de un modelo de funcionamiento basado en la libre competencia, impulsando a su vez el desarrollo de instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial RD 2818/1998 sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- RD 1663/2000 sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de distribución.
- Resolución de la Dirección General de política energética y Minas en las que se establece el modelo de contrato y factura, así como el esquema unificar de una instalación fotovoltaica conectada a red. (BOE nº 148, 21/06/2001).
- RD 1578/2008, de 26 de septiembre, por el que se aprueba la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- RD 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para Baja Tensión.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red (PCT) establecidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) en Octubre de 2002.
- Normativa de la compañía ERZ- Endesa.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.



- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- REAL DECRETO 223/2008, de 15 de febrero por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Recomendaciones UNESA.
- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Método de Cálculo y Proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría, UNESA.

6.2.-Libros y manuales

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Fotovoltaica para profesionales: diseño, instalación y comercialización de plantas solares fotovoltaicas (Remmers, Karl-Heinz; Dürschner, Christian; Antony, Falk Promotora General de Estudios, S.A, Censolar.)
- Curso Técnico en Energía Solar Fotovoltaica (Master-D).
- Manual de Postgrado en energías renovables (Fundación San Valero).

6.3.-Programas de cálculo

- PVSyst 5.0.3
- Meteonorm 5.1.



- MaxDesing
- Solar Farm (Ades)
- AmiKIT 3.0.
- Dmelect (Centros de Transformación)
- Dmelect (CMAT – Líneas Aérea de Media Tensión)

7.4.-Paginas de internet consultadas

- www.Solarweb.net
- www.albasolar.com
- www.atersa.com
- www.bp.com
- www.isofoton.com
- www.shell.com
- www.asensa.org
- www.idae.es
- www.aperca.org
- www.agores.org
- www.ico.es
- www.mityc.es
- www.safybox.com
- www.tfm.es
- www.tsol.acycsa.es
- www.ciemat.es
- www.promasol.es
- www.endesa.es
- www.mhe.es

ANEXO I: CÁLCULOS



1. INTRODUCCIÓN.

En este anexo se va a realizar el estudio de la configuración 2 descrita en la memoria.

2. DIMENSIONADO GENERADOR FOTOVOLTAICO.

A partir de las características eléctricas del inversor y el módulo elegidos, vamos a comprobar si la distribución del campo sub-generador propuesta en el apartado la memoria del estudio nos asegura que el inversor funciona correctamente para cualquier condición climática de irradiancia y temperatura. Para ello, el rango de tensiones a la salida del generador fotovoltaico deberá estar dentro del rango de tensiones admisibles a la entrada del inversor y la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico tendrá que ser inferior al valor de la corriente máxima de entrada al inversor.

2.1. RANGO DE TENSIONES ADMISIBLE

Para determinar el rango de tensiones admisible a la entrada de un inversor se deberán conectar en serie un número de paneles por rama de manera que la tensión mínima y máxima del punto de máxima potencia de la rama se encuentre, en todo momento, dentro del rango de tensiones de entrada del inversor.

2.2. NÚMERO MÁXIMO DE MÓDULOS CONECTADOS EN SERIE POR RAMA

El valor máximo de la tensión de entrada al inversor será el correspondiente a la tensión a circuito abierto del generador fotovoltaico cuando la temperatura del módulo sea mínima. La temperatura del panel mínima se corresponderá con una temperatura ambiente mínima.

En España, la temperatura del módulo mínima se suele producir en invierno a una temperatura ambiente de -5°C y con una irradiancia de 100 W/m^2 .

Para obtener la temperatura de la célula en estas condiciones de temperatura exterior se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_p = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot I \quad (2.2.1)$$



Donde:

- T_p : Temperatura de módulo [$^{\circ}\text{C}$].
- T_a : Temperatura ambiente [-5°C].
- T_{ONC} : Temperatura nominal de funcionamiento de la célula [45°C]

En estas condiciones de temperatura ambiente e irradiación, la temperatura del módulo es de $-1,88^{\circ}\text{C}$.

La tensión a circuito abierto del generador fotovoltaico siempre deberá ser menor que la tensión máxima de entrada en el inversor, ya que de lo contrario el inversor, además de no funcionar, podría averiarse.

El número máximo de paneles conectados en serie por rama vendrá determinado por el cociente entre la tensión máxima de entrada del inversor a circuito abierto y la tensión a circuito abierto del módulo a su temperatura mínima.

$$N_{max} \leq \frac{V_{OC,Inv}}{V_{OC(T_a^{min})}} \quad (2.2.2.)$$

donde:

- $N_{m\acute{a}x}$: Número máximo de módulos por rama conectados en serie.
- $U_{OC,Inv}$: Tensión máxima de entrada a circuito abierto en el inversor (V).
- $U_{OC(T_a^{min})}$: Tensión a circuito abierto del módulo a su temperatura mínima (V)

En nuestro caso, a partir de las especificaciones técnicas del inversor elegido, sabemos que la tensión máxima de entrada en vacío es de 900 V.

Por otra parte, en la hoja de especificaciones técnicas del módulo propuesto, vemos que la tensión a circuito abierto de éste en STC es de 44,85 V.

Como el fabricante del módulo también nos suministra la variación de la tensión a circuito abierto con la temperatura, en nuestro caso $-0,40 \text{ }^{\circ}\text{C}$, podremos calcular el valor de la tensión a circuito abierto del módulo fotovoltaico a $-1,88^{\circ}\text{C}$, mediante la siguiente ecuación:



$$U_{oc(Tmin)} = U_{oc(STC)} - [\Delta T^a \times \Delta V_{oc}] \quad (2.2.3)$$

Donde:

- $U_{OC(STC)}$: Tensión en circuito abierto para condiciones de prueba estándar (STC).
- ΔT^a : Variación de la temperatura con respecto a la temperatura de referencia (25°C).
- ΔV_{oc} : Coeficiente de temperatura de V_{CO} .

El valor de la tensión en circuito abierto máxima para una temperatura de la célula de -1,88°C será de:

$$U_{oc(-1,88^\circ C)} = 44,85V - [44,85 (-1,88^\circ C - 25^\circ C) \times (-0,40)/100] = \mathbf{49,67 V}$$

Luego el número máximo de módulos conectados en serie por rama será:

$$N_{max} \leq \frac{V_{OC,Inv}}{V_{OC(T^a_{min})}} = \frac{900 V}{49,67 V} = 18,1195 \rightarrow \mathbf{18 \text{ módulos}}$$

El número máximo de paneles conectados en serie por rama también vendrá limitado por la tensión máxima de entrada al inversor en el punto de máxima potencia. Al igual que en el caso de la tensión a circuito abierto, si la tensión en el punto de máxima potencia del generador fotovoltaico está por encima de la tensión de entrada máxima del inversor en el punto de máxima potencia, el inversor no será capaz de seguir el punto de máxima potencia del generador o incluso, en el peor de los casos, se podría averiar.

Por ello, el número máximo de módulos conectados en serie por rama vendrá limitado también por el cociente de la tensión máxima de entrada del inversor en el punto de máxima potencia y de la tensión del panel en el punto de



máxima potencia en las peores condiciones, es decir, a una temperatura de célula de $-1,88^{\circ}\text{C}$.

$$N_{max} \leq \frac{V_{maxPMP,Inv}}{V_{max(T^a_{min})}} \quad (2.2.4)$$

Donde:

- $N_{m\acute{a}x}$: Número máximo de módulos por rama conectados en serie.
- $U_{maxPMP, Inv}$: Tensión máxima de entrada en el punto de máxima potencia en el inversor (V).
- $V_{max(T^a_{min})}$: Tensión en el punto de máxima potencia del módulo a su temperatura mínima (V).

Para nuestro caso concreto, la tensión máxima de entrada en el punto de máxima potencia del inversor seleccionado es de 800 V, dato que obtendremos a partir de las especificaciones técnicas del mismo.

Del mismo modo de la hoja de especificaciones técnicas del módulo propuesto sabemos que la tensión en el punto de máxima potencia de este en STC es de 36,60 V.

Al igual que en el caso de la tensión a circuito abierto, en las hojas de características de un módulo el fabricante puede darnos la variación de la tensión en el punto de máxima potencia con la temperatura expresada en $\%/^{\circ}\text{C}$ o en $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Cuando no se proporcione dicho dato, se estimará que la tensión en el punto de máxima potencia de un módulo monocristalino o policristalino a una temperatura de célula de $-1,5^{\circ}\text{C}$ ($\approx -1,88^{\circ}\text{C}$) es un 10,5% mayor que la que tendría en STC.

En nuestro caso, el fabricante del módulo no nos especifica la variación de la tensión en el punto de máxima potencia con la temperatura. Realizando la suposición del párrafo anterior, tendremos:

$$V_{max,panel}(-1,88^{\circ}\text{C}) = 1,105 \times V_{max,panel}(25^{\circ}\text{C}) = 1,105 \cdot 36,60\text{V} = \mathbf{40,43\text{V}}$$

Finalmente, el número máximo de módulos conectados en serie por rama será:



$$N_{\max} \leq \frac{V_{\max\text{PMP,Inv}}}{V_{\max(T^a_{\min})}} = \frac{800\text{V}}{40,43\text{V}} = 19,78 \rightarrow \mathbf{19 \text{ módulos}}$$

De los dos criterios, tensión máxima de entrada al inversor a circuito abierto y tensión máxima de entrada al inversor en el punto de máxima potencia, deberemos quedarnos con el más restrictivo, es decir, aquel que nos dé un número máximo de módulos conectados en serie menor.

Vistos los dos criterios, llegamos a la conclusión de que el número máximo de módulos que podremos conectar en serie por rama en el generador fotovoltaico es 18.

2.3. NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS CONECTADOS EN SERIE POR RAMA

El número mínimo de paneles por rama vendrá limitado por la tensión mínima de entrada al inversor en el punto de máxima potencia.

El valor mínimo de esta tensión deberá ser menor o igual que la tensión en el punto de máxima potencia mínima del campo generador fotovoltaico, que se produce cuando la temperatura del módulo es máxima.

En España la máxima temperatura del módulo suele darse en verano para una intensidad radiante del orden de 1.000 W/m^2 y una temperatura ambiente de 45°C . En estas condiciones la temperatura del módulo es de unos 70°C .

Cuando la tensión en el punto de máxima potencia del generador está por debajo de la tensión de entrada mínima del inversor en el punto de máxima potencia, el inversor no será capaz de seguir el punto de máxima potencia del campo generador e incluso podría llegar a averiarse.

El número mínimo de módulos conectados en serie en una rama se obtendrá como el cociente de la tensión mínima de entrada del inversor en el punto de máxima potencia y de la tensión mínima del panel en el punto de máxima potencia para una temperatura de célula de unos 70°C .



$$N_{min} \geq \frac{V_{minPMP,Inv}}{V_{max(T^a_{max})}} \quad (2.3.1)$$

Donde:

- N_{min} : Número mínimo de paneles por rama conectados en serie.
- $U_{minPMP,Inv}$: Tensión mínima de entrada en el punto de máxima potencia en el inversor (V).
- $V_{max(T^a_{max})panel}$: Tensión en el punto de máxima potencia del panel a su temperatura máxima (V).

La tensión de entrada mínima en el punto de máxima potencia del inversor elegido es de 430 V, dato que obtendremos a partir de la hoja de especificaciones técnicas del mismo.

Del mismo modo sabemos que la tensión en el punto de máxima potencia del panel seleccionado es de 36,60 V en STC, es decir, a una temperatura de célula de 25°C.

El valor de la tensión máxima del panel a una temperatura de célula de 70° C lo podremos obtener a partir del coeficiente de variación de la tensión máxima del panel con la temperatura, dato que puede suministrar el fabricante del panel en %/° C o en mV/° C. En caso de que el fabricante del panel no nos de este dato se puede considerar que la tensión en el punto de máxima potencia a una temperatura de 70° C es aproximadamente un 18% menor que la del panel en condiciones estándar de medida (a falta de datos, para módulos monocristalinos y policristalinos es válido suponer que la tensión en el punto de máxima potencia disminuye o un 0,4% por cada ° C que la temperatura de la célula es superior a los 25° C).

En nuestro caso, el fabricante del módulo no nos especifica la variación de la tensión en el punto de máxima potencia con la temperatura. Realizando la suposición del párrafo anterior, tendremos:

$$V_{max,panel}(70^{\circ}C) = V_{max,panel}(25^{\circ}C) - \frac{18}{100} \cdot V_{max,panel}(25^{\circ}C)$$

$$V_{max,panel}(70^{\circ}C) = 36,60V - 6,588V = \mathbf{30,012V}$$



El número mínimo de módulos conectados en serie por rama se obtendrá a partir de la ecuación (2.3.1):

$$N_{min} \geq \frac{V_{minPMP,Inv}}{V_{max}(T^a_{max})} = \frac{430 V}{30,012V} = 14,32 \rightarrow \mathbf{15 \text{ paneles}}$$

El número mínimo de módulos que tendremos que conectar en serie por rama en el generador fotovoltaico es 15.

2.4. NÚMERO MÁXIMO DE RAMAS CONECTADAS EN PARALELO

Teniendo en cuenta el inversor, el número de ramas en paralelo tendrá que cumplir que la corriente de cortocircuito de cada rama a la temperatura máxima del módulo sea menor que la corriente máxima de entrada al inversor. Se determinará mediante la siguiente expresión:

$$N_{ramas,paralelo} \leq \frac{I_{max,Inv}}{I_{cc,rama}} \quad (2.4.1)$$

La corriente de cortocircuito de cada rama, $I_{cc, rama}$, se calculará a la temperatura máxima del módulo que, recordemos, en España es de unos 70° C.

Al igual que ocurre con la tensión a circuito abierto, los fabricantes de módulos fotovoltaicos en sus hojas de características suelen indicar el coeficiente de variación de la intensidad de cortocircuito del panel con la temperatura, bien en %/° C o en mA/° C con respecto a una temperatura de célula de 25° C.

Para el inversor seleccionado la máxima corriente de entrada es de 120 A, dato que obtendremos a partir de la hoja de especificaciones técnicas del mismo.

La corriente de cortocircuito de una rama será igual a la corriente de cortocircuito de uno cualquiera de los módulos. En nuestro caso la corriente de



cortocircuito para el módulo elegido la obtenemos a partir de su hoja de características, y vale 5,60 A en STC.

El fabricante del módulo nos indica que el coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito es de 0,06 %/°C, por lo tanto, la corriente de cortocircuito de una rama a una temperatura de célula de 70°C la calcularemos como mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc \max(Panel)} = I_{cc(STC)} + [(T_{max} - 25^{\circ}C) \times \Delta I_{cc}] \quad (2.4.2)$$

Donde:

- $I_{cc(STC)}$: Intensidad de cortocircuito del panel en condiciones estándar (25°C).
- ΔI_{cc} : Coeficiente de temperatura de I_{cc} .

El valor de la intensidad de cortocircuito máxima para una temperatura de la célula de 70°C será de :

$$I_{cc \max(Panel)} = 5,60A + \left[5,60A * ((70^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times \frac{0,06}{100}) \right] = 5,75 A$$

El número de ramas en paralelo, tendrá que cumplir la expresión (2.4.1):

$$N_{ramas,paralelo} \leq \frac{I_{max,Inv}}{I_{cc,rama}} = \frac{120A}{5,75A} = 20,86 \rightarrow \mathbf{20 \text{ ramas}}$$

El número de ramas en paralelo que conformarán el generador fotovoltaico no podrá ser superior a 20.



2.5. ELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

El campo generador de 50 kW estará compuesto por 320 módulos de 190Wp de potencia cada uno, que se distribuirán en 20 “strings” o ramas conectadas en paralelo. Cada rama estará formada por 16 módulos conectados en serie.

Para la configuración seleccionada del generador, se cumplen todos los condicionantes para un óptimo funcionamiento tanto del generador como del inversor.

En la siguiente tabla, se detallan las magnitudes de salida del campo generador para la configuración seleccionada:

| VALORES DE ENTRADA CAMPO GENERADOR | | INVERSOR |
|---------------------------------------|--------|----------|
| Tensión Voc máxima (V): | 794,72 | ≤ 900 |
| Tensión Vmax máxima (V): | 647,04 | ≤ 800 |
| Tensión Vmax mínima (V): | 480,16 | ≥ 430 |
| Corriente Icc max (A): | 115,00 | ≤ 120 |
| Potencia del Generador (W): | 60.800 | ≥ 50.000 |
| Relación Pinv/Pgen: | 0,82 | |

Tabla n° 1: Resumen valores de entrada al inversor.

2.6. ESTRUCTURA DE MONTAJE.

2.6.1. ESTRUCTURA DE MONTAJE SUB-GENERADOR 1.

2.6.1.1. DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA.

Como se ha mencionado en la memoria, se ha decidido colocar cada ramal mediante dos filas formadas por ocho paneles cada una. Cada rama estará fijada a una única estructura que tendrá como mínimo las siguientes medidas:

$$H_{parrilla} = 2 \cdot H_{módulo} = 2 \cdot 1.580 \text{ mm} = 3.160 \text{ m.}$$



$$L_{parrilla} = A_{módulo} \cdot n^{\circ}_{módulos} = 808 \text{ mm} \cdot 8Uds = 6.464 \text{ m}.$$

Se ha seleccionado el sistema de montaje de la marca Hilti, el cual, posee una amplia gama de perfiles y accesorios para poder diseñar una estructura con las dimensiones necesarias.

Para diseñar la estructura mediante este sistema cabe destacar tres aspectos fundamentales que modifican las dimensiones necesarias de la estructura:

1. Para fijar los módulos a la estructura, se ha seleccionado un sistema de fijación mediante pinzas. Para poder realizar la fijación mediante este sistema tiene que haber una separación entre los módulos de una misma fila de 2 cm.
2. Para reducir la superficie de la estructura necesaria, la fijación de los módulos se realiza a una distancia de unos 16 cm de los extremos. Se colocan dos pinzas a 16 cm en parte superior del módulo y otras dos pinzas en la parte posterior.
3. Los módulos situados en los extremos se fijarán mediante una pinza final.

Con estas consideraciones, la longitud total de la estructura será como mínimo:

$$\begin{aligned} L_{parrilla} &= (A_{módulo} \cdot n^{\circ}_{módulos}) + (L_{pinza \text{ intermedia}} \cdot n^{\circ}_{pinzas}) + 2 \cdot L_{pinza \text{ final}} \\ &= (808 \text{ mm} \cdot 8Uds) + (20 \cdot 7) + (2 \cdot 10) = 6.624 \text{ mm}. \end{aligned}$$

Otra medida a considerar, es la separación entre las dos filas de módulos, que hemos fijado en 2 cm. Teniendo en cuenta todo lo citado hasta el momento, la altura de la parrilla tiene que ser como mínimo de las siguientes dimensiones:

$$\begin{aligned} H_{parrilla} &= (2 \cdot d_{pinza-extremo}) + d_{filas} + (2 \cdot d_{entre \text{ pinzas intermedias}}) \\ H_{parrilla} &= (2 \cdot 160) + 20 + [2 \cdot (1.580 - (2 \cdot 160))] = 2.860 \text{ mm} \end{aligned}$$

Como conclusión, la estructura estará formada por:

- Perfil simple MQ-41 2m: Cada fila de módulos se anclará mediante pinzas de montaje a cuatro filas de perfiles simples MQ-41, dos por línea



de módulo, formadas por 3 perfiles de 2 metros y un tercero que se cortará para completar la longitud total necesaria.

Se utilizará otro perfil de 1,5 m colocado en posición vertical para conseguir un ángulo de la estructura de 35° con respecto de la horizontal.

- Perfil doble MQ-41 D 3m: Las cuatro filas de de perfiles MQ-41 se fijarán a los perfiles dobles MQ-41 D 3 que se colocarán en un ángulo de 35° y a una distancia unos de otros según lo indicado en el esquema nº 22.
- Base giratoria MQP-G: Se ha fijado dos bases giratorias en cada extremo del perfil doble para conseguir el ángulo de inclinación necesario en la estructura.
- Apoyo de carril MQP-21-72: Se ha situado de forma que éste es el punto de unión entre el perfil MQ situado en vertical y la base giratoria de la parte posterior de la estructura.
- Pinzas de anclaje.

La composición final de la estructura se representa en el esquema nº 22

2.6.1.2. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN ÓPTIMA.

En instalaciones dedicadas a maximizar la producción anual, como es el caso de la instalación en estudio, los captadores solares siempre deben estar orientados hacia el sur, porque es la única orientación en la que el aprovechamiento anual de la radiación es máximo.

La inclinación óptima de los paneles solares se obtiene mediante el método de “*mes peor*”, en el cual, se considera el mes de menor radiación captada sobre los paneles. Para utilizar este método ha de tenerse en cuenta dos variables; el periodo para el cual se utilizara la instalación solar fotovoltaica, debe definirse si se explotará en verano, en invierno o durante todo el año y la latitud del emplazamiento donde estarán instalados los paneles solares.

Según el método de “*mes peor*”, la inclinación óptima aproximada de los paneles respecto a la horizontal, viene expresada en la siguiente tabla:



| Periodo de diseño | B_{opt} |
|-------------------|-------------------|
| Diciembre | $\Phi + 10^\circ$ |
| Julio | $\Phi - 20^\circ$ |
| Anual | $\Phi - 10^\circ$ |

Tabla n° 2: Inclinação módulos en función periodo de diseño.

Utilizando este método para obtener la inclinación óptima de los paneles solares en la instalación según el período de diseño sería:

| Período de diseño | β_{opt} |
|-------------------|--|
| Diciembre | $\Phi + 10^\circ = 41,5208 + 10 = 51,52^\circ$ |
| Julio | $\Phi - 20^\circ = 41,5208 - 20 = 21,52^\circ$ |
| Anual | $\Phi - 10^\circ = 41,5208 - 10 = 31,52^\circ$ |

Tabla n° 3: Valores de inclinación módulos en función periodo de diseño.

Con estas inclinaciones, se obtienen las menores pérdidas por inclinación de los módulos fotovoltaicos.

Estos resultados se han comprobado utilizando el programa PVSIST 5.0.3, junto con la base de datos meteorológicos proporcionada por la comisión Europea mediante la aplicación PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), en el cual, introduciendo los valores de la latitud de la localización y el periodo de diseño, puede comprobarse la inclinación óptima para cada uno de



los periodos de diseño de la instalación obteniendo las menores pérdidas posibles.

En el sistema en estudio se busca maximizar la producción anual. Por tanto, se obtiene la siguiente inclinación:

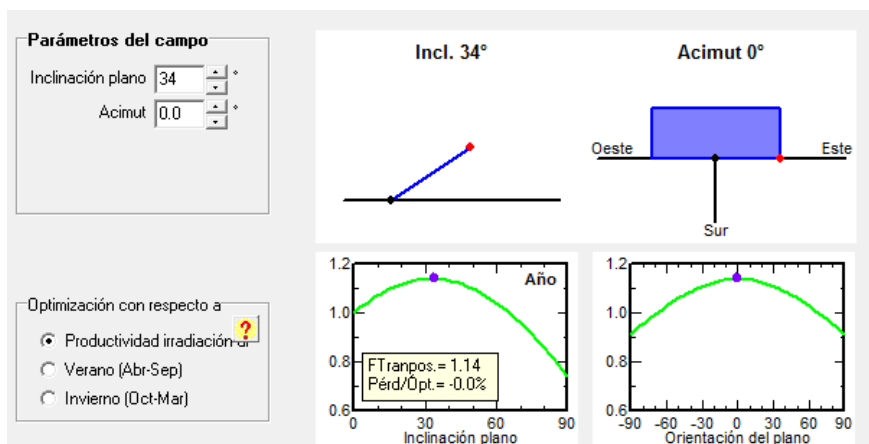


Figura nº 1: Inclinación óptima según PVsyst.

Para el sub-generador 1, la inclinación para la cual el sistema tiene menos pérdidas es de 34° que aproximaremos a 35° de inclinación.

2.6.1.3. DISTANCIA MÍNIMA ENTRE FILAS DE MÓDULOS

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E., la distancia d , medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculos, de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia d tiene que ser superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud}) \quad (2.6.1.3.1)$$

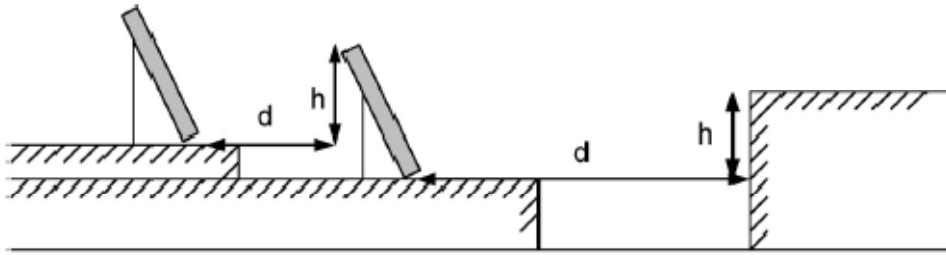


Figura n° 2: Separación entre filas de módulos según PCT.

La separación entre la parte posterior de una fila y el comienzo de la siguiente no será inferior a la obtenida por la expresión anterior, aplicando h a la diferencia de alturas entre la parte alta de una fila y la parte baja de la siguiente, efectuando todas las medidas de acuerdo con el plano que contiene a las bases de los módulos.

Luego, para nuestro sub-generador, obtenemos una distancia mínima de separación entre filas de módulos de:

$$d = \frac{2.264}{\tan(61^\circ - 41,52)} = 6,4 \text{ metros}$$

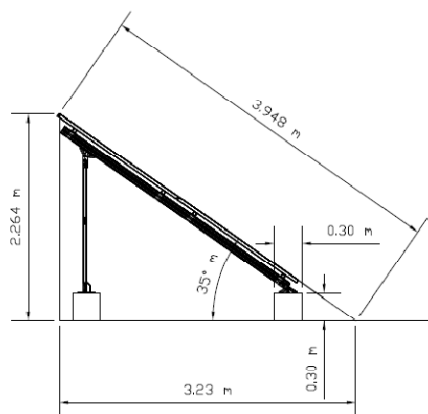


Figura n° 3: Medias estructura



Otra de las formas de obtener la distancia mínima entre filas de módulos, es considerar una separación entre filas para una altura mínima del sol de 20° y un azimut de 0° . Esta situación se produce como en el caso anterior, en el solsticio de invierno, que es cuando el sol está más bajo con respecto a línea de horizonte.

Como se observa en el gráfico, la trayectoria que sigue el sol el 21 de diciembre (solsticio de invierno) es la que tiene menor altura. Para la latitud de la parcela en estudio, esta altura mínima es de aproximadamente 24° .

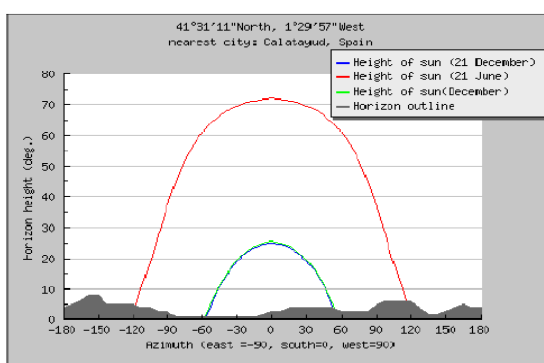


Figura nº4: Trayectoria Solar

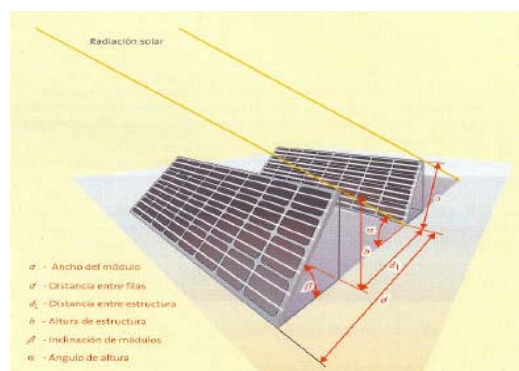


Figura 5: Separación entre filas.

Para calcular la separación mínima utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$h = a \times \sin \beta \quad (2.6.1.3.2)$$

$$d_1 = \frac{\cos \alpha \times h}{\sin \alpha} \quad (2.6.1.3.3)$$

$$d = a \times \cos \beta + d_1 \quad (2.6.1.3.4)$$

Donde:

- h : Altura total de la estructura.
- d_1 : Distancia entre filas de módulos.
- d : Base de la estructura.
- a : Ancho de la estructura.
- α : Ángulos de altura.
- β : Inclinación estructura.

Luego, obtenemos una distancia mínima de separación de:

$$d_1 = \frac{\cos 20^\circ \times 2,264}{\sin 20^\circ} = 6,22 \text{ m} \quad d = 3,948 \text{ m} \cdot \cos 20^\circ + 6,22 \text{ m} = 9,929 \text{ m}$$

Al comparar los dos métodos, se observa que la distancia mínima es mayor en el primer caso, luego consideramos este método como el válido.

Como conclusión final, se ha optado por una separación entre filas de paneles de 7 metros, que es superior a la mínima distancia requerida, quedando la disposición de la siguiente manera:

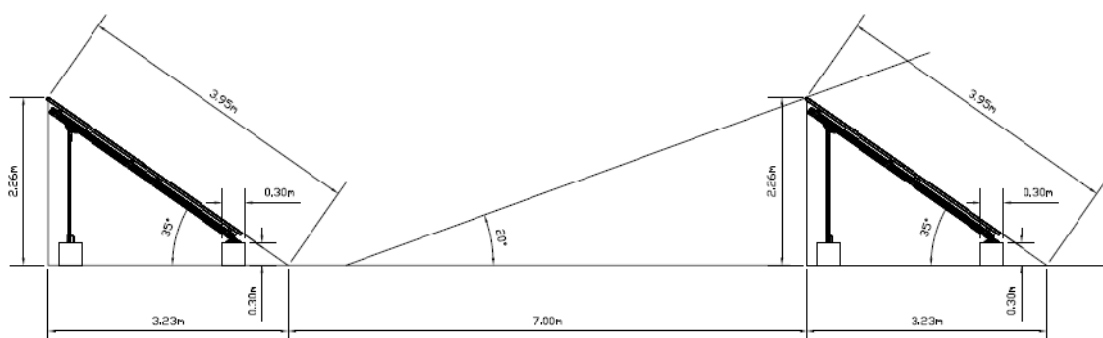


Figura nº 6: Resultado separación filas de módulos.

El Pliego de Condiciones Técnicas establece que la orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la siguiente tabla:

| | Orientación e inclinación (OI) | Sombras (S) | Total (OI+ S) |
|----------------------------|--------------------------------|-------------|---------------|
| General | 10 % | 10 % | 15 % |
| Superposición | 20 % | 15 % | 30 % |
| Integración arquitectónica | 40 % | 20 % | 50 % |

Figura nº 7: Máximas pérdidas por sombreado permitidas.



Así pues, la colocación de las filas debe ser aquella en la que las pérdidas sean inferiores al 10%.

Para el cálculo de las pérdidas por sombreado que posee el sub-generador 1 con la disposición seleccionada, se ha utilizado el programa PVsyst 5.03. Este programa permite evaluar el factor de sombreado global y el porcentaje de pérdidas por sombreado para una disposición concreta.

Así pues, los resultados obtenidos en función de la distancia seleccionada son los siguientes:

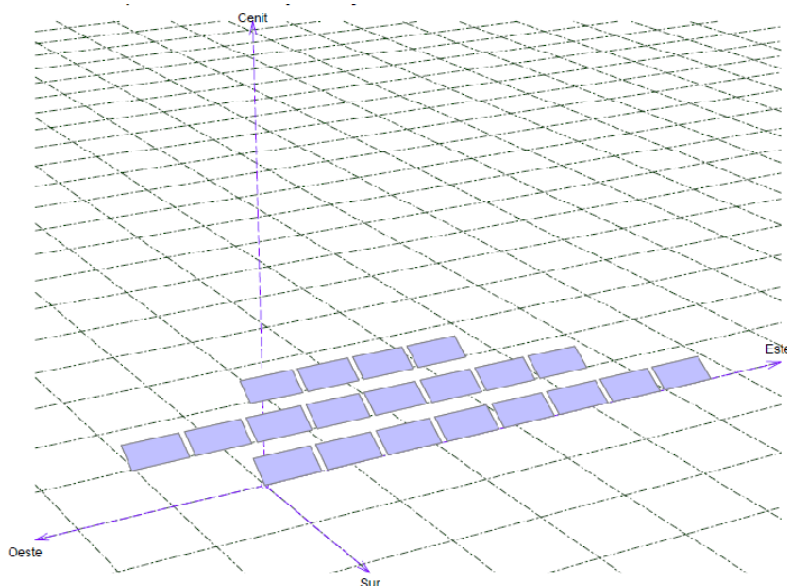


Figura nº 8: Perspectiva sub-generador 1 y situación de sombreado.

Con esta disposición del sub-generador 1, el programa muestra el siguiente diagrama de Iso-sombreados:

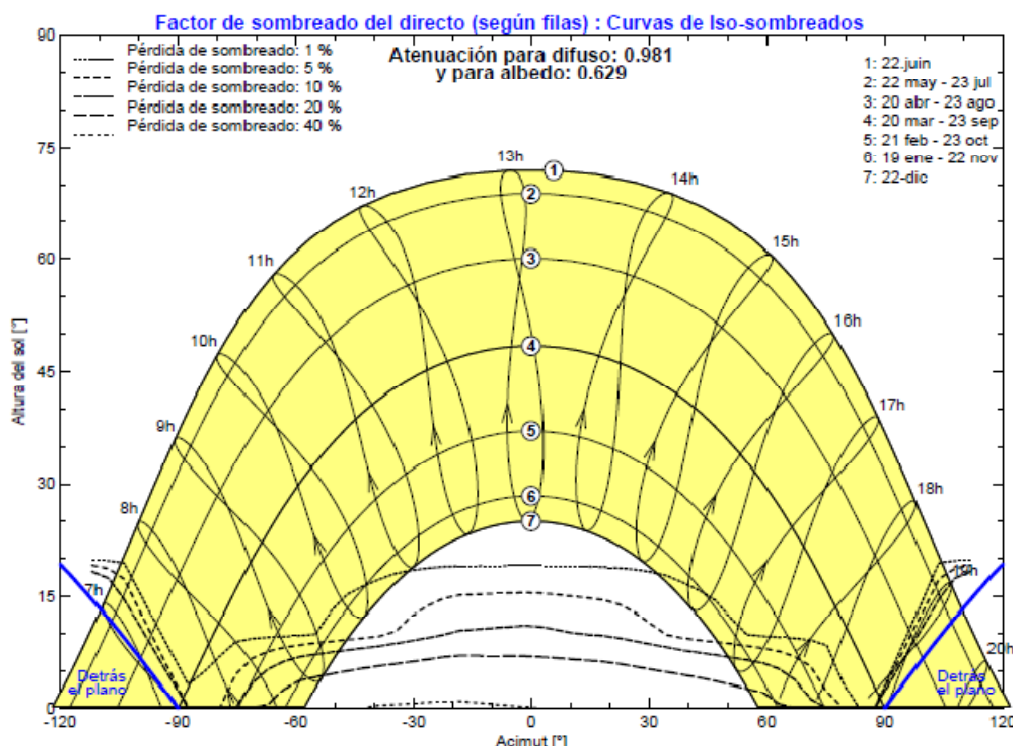


Figura nº9: Diagrama de Iso-sombreados Sub-generador 2.

Para esta disposición, el programa arroja unas pérdidas globales por sombreado del 1,4%, muy inferior al 10% fijado en el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E.

2.6.1.4. CIMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA.

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la estructura soporte de los módulos solares deberá resistir las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

En este caso, no se consideran sobrecargas por nieve puesto que en esta zona de la provincia de Zaragoza no existe apenas riesgo de producirse nevadas durante el invierno y, si ocurren, son de baja intensidad no ocasionando posibles sobrecargas a las estructuras.

Para el dimensionamiento de la zapata de hormigón, es necesario tener en cuenta que el caso más desfavorable se producirá para vientos que generen



fuerzas de tracción sobre la estructura. La estructura está orientada al sur, con lo que las fuerzas que generarán que se levante la estructura procederán del Norte.

La fuerza que el viento ejerce sobre la superficie obstáculo ofrecida por los paneles solares viene dada en forma de presión, mediante la siguiente expresión:

$$F = W \times S = W \times S_1 \times \text{Sen } \alpha \quad (2.6.1.4.1)$$

Donde:

- W : Presión frontal del viento (N/m²)
- S_1 : Superficie.
- α : Ángulo de inclinación de la superficie.

La presión frontal del viento se obtiene mediante la expresión:

$$W = \frac{V^2 \cdot 9,8}{16} \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (2.6.1.4.2)$$

Donde:

- V : Velocidad del viento (m/s).

Para el cálculo se ha considerado una velocidad del viento de 120 Km/h, luego la fuerza que resultará sobre la superficie que forman los paneles será:

$$F = \frac{33,33^2 \cdot 9,8}{16} \times (3,18m \times 6,624m) \times \text{Sen } 35^\circ = 8.220,82 \text{ N}$$

Ahora bien, de esta fuerza que se ejerce sobre los paneles solares parte se pierde al deslizarse por la superficie de los módulos ya que no están totalmente perpendiculares al viento. Por este motivo, la fuerza total que se ejerce sobre los paneles se puede descomponer en dos componentes de diferente dirección:

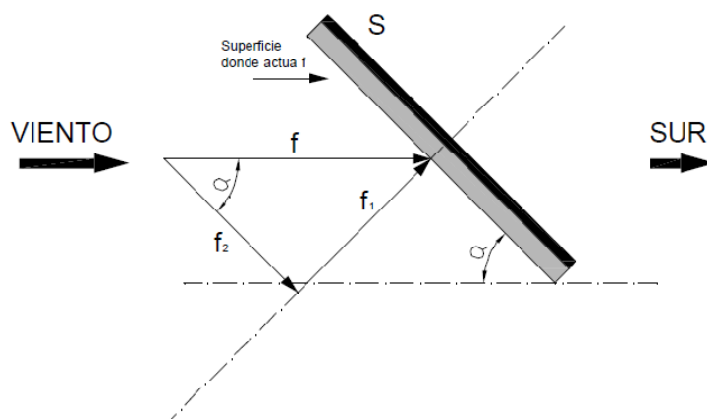


Figura n° 10: Desglose de fuerzas ejercidas por el viento sobre el panel.

- f_1 cuya dirección es perpendicular a la superficie del panel y es quien realmente ejerce la carga sobre la superficie soporte.
- f_2 cuya dirección es paralela a la superficie del panel y no ejerce fuerza sobre el mismo al deslizarse el viento.

Luego la fuerza f_1 la obtendremos mediante la expresión:

$$f_1 = F \times \text{Sen } \alpha = 8.220,82N \times \text{Sen } 35 = 4.715,26 N$$

| | Kg | N | kN | kp |
|------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| f1= | 481,15 | 4.715,27 | 4,81 | 481,15 |

Tabla n° 4: Datos de fuerza total ejercida por el viento sobre la estructura fija.

Según los cálculos anteriores, el peso de la zapata de hormigón deberá ser superior a los Kg que ejerce la fuerza del viento. Luego, considerando que la densidad del hormigón convencional es aproximadamente de 2.400 Kg/m³, nos harán falta:



$$\frac{481,15 \text{ Kg}}{2.400 \text{ kg/m}^3} = 0,2 \text{ m}^3 \text{ de hormigón}$$

Para seleccionar las dimensiones finales de la zapata de hormigón es necesario realizar unas consideraciones iniciales que faciliten los cálculos, que son las siguientes:

1. La zapata de hormigón será de tipo corrida, de esta forma no es necesario hacer una zapata individual para cada punto de apoyo de la estructura.
2. Se ha considerado que la sección de la zapata sea cuadra y de un valor de 30 cm. Teniendo en cuenta que las dimensiones de los amarres de la estructura al hormigón son aproximadamente de 20 cm, se ha dimensionado para que los tornillos de anclaje queden situados a una distancia como mínimo de 5 cm de los extremos de la misma. De esta forma, se evita que se produzcan roturas del hormigón en sus partes más débiles.

Según estas consideraciones, se ha realizado una zapata de hormigón de dimensiones 0,03 m x 0,03 m x 7 m, la cual tiene un volumen de hormigón de 0,630 m³. Luego el peso total de la zapata será:

| Peso Zapata de Hormigón [Kg] | Fuerza [kg] |
|---|------------------------|
| 1.512,00 | ≥ 481,15 |

Tabla n°5: Peso de la zapata de Hormigón para estructura fija.



2.6.2. ESTRUCTURA DE MONTAJE SUB-GENERADOR 2.

2.6.2.1.- DIMENSIONES DEL SEGUIDOR.

El sub-generador 2 está formado por 320 módulos, que poseen una superficie individual de 1,276 m² aproximadamente. La superficie total ocupada por el sub-generador 2 viene indicado por la expresión:

$$S_{\text{módulos}} = S_{\text{módulo}} \cdot N^{\circ}_{\text{módulos}} = (1,58 \text{ m} \cdot 0.808) \cdot 320 = 408,52 \text{ m}^2$$

Partiendo de esta base, la superficie de montaje total que deberá poseer el seguidor o seguidores seleccionados será como mínimo de 408,52 m².

El objetivo que se persigue es la instalación de dos seguidores solares, por lo tanto, la superficie que necesitará disponer cada seguidor para poder realizar el montaje viene expresado por la expresión:

$$S_{\text{seguidor}} = \frac{S_{\text{módulos}}}{2} = \frac{408,52 \text{ m}^2}{2} = 204,26 \text{ m}^2$$

Para esta tarea se ha seleccionado un seguidor solar a dos ejes de la marca ADES, concretamente el modelo 5F- 27 M, el cual, posee una parrilla de montaje de hasta 229 m², luego:

$$S_{\text{parrilla } 5F-27M} = 229 \text{ m}^2 > S_{\text{seguidor}} = 204,26 \text{ m}^2.$$

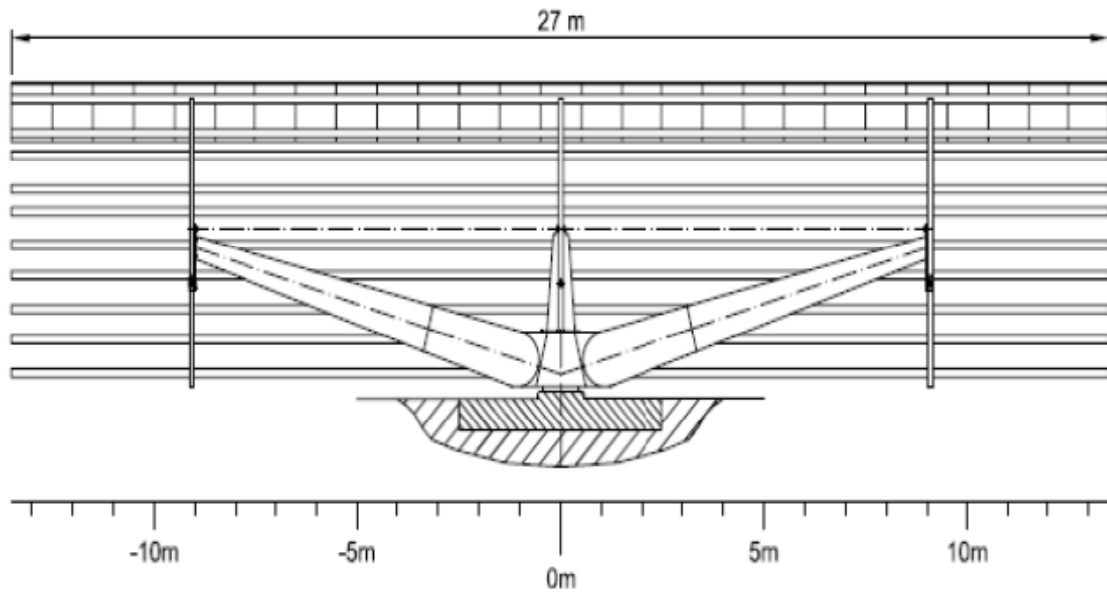


Figura n° 11: Dimensiones Seguidor Solar.

La parrilla del seguidor está formada por 5 filas de 27 m, luego tendremos que distribuir los 160 módulos entre estas cinco filas.

Se ha optado por fijar dos ramales por fila, de modo que la longitud total que ocuparan los módulos considerando una separación entre ellos de 2 cm para poder colocar las pinzas de fijación, será la siguiente:

$$L_{total\ módulos} = (A_{módulo} \cdot n^{\circ}_{módulos}) + [0,02\ cm \cdot (n^{\circ}_{paneles} - 1)] \quad (2.6.2.1.1)$$

$$L_{total\ módulos} = (0,808 \cdot 2 \cdot 16) + [0,02\ cm \cdot (32 - 1)] = 26,476\ m$$

$$L_{total\ módulos} = 26,476\ m < 27\ m$$

La distribución final de los módulos en la parrilla del seguidor es la indicada en el esquema n° 10 del anexo de planos y esquemas.



2.6.2.2. SEPARACIÓN ENTRE SEGUIDORES.

Según lo comentado en el apartado 2.6.1.3, la colocación de los seguidores será aquella en la que las pérdidas por sombreado sean inferiores al 10% (Véase la tabla de la figura 7).

Según el fabricante del seguidor solar, las distancia idónea para evitar pérdidas importantes de la ganancia a causa de las sombras arrojadas son las siguientes:

- Distancia N-S: 35 m.
- Distancia E-O: 35 m.

En terreno plano y latitud 40° , garantiza una ausencia total de sombras para una altura solar $> 20^\circ$.

Atendiendo a las indicaciones del fabricante y en función de la orientación de la parcela en estudio se ha determinado establecer una separación de los seguidores de forma que la distancia N-S sea de 35 m y la distancia E-O de 35 m, luego la separación en línea recta entre los dos seguidores será de:

$$D_{entre\ seguidores} = \sqrt{(D_{N-S}^2 + D_{E-O}^2)} \quad (2.6.2.2.1)$$

$$D_{entre\ seguidores} = \sqrt{(D_{N-S}^2 + D_{E-O}^2)} = \sqrt{35^2 + 35^2} = 49,49\ m \cong 50\ m$$

Como la latitud de la parcela en estudio no coincide con la que marca el fabricante, para obtener las pérdidas por sombreado que posee el subgenerador con este sistema se ha utilizado el programa PVsyst 5.03. Este programa permite evaluar el factor de sombreado global y el porcentaje de pérdidas por sombreado para una disposición concreta.

Así pues, los resultados obtenidos en función de la distancia seleccionada son los siguientes:

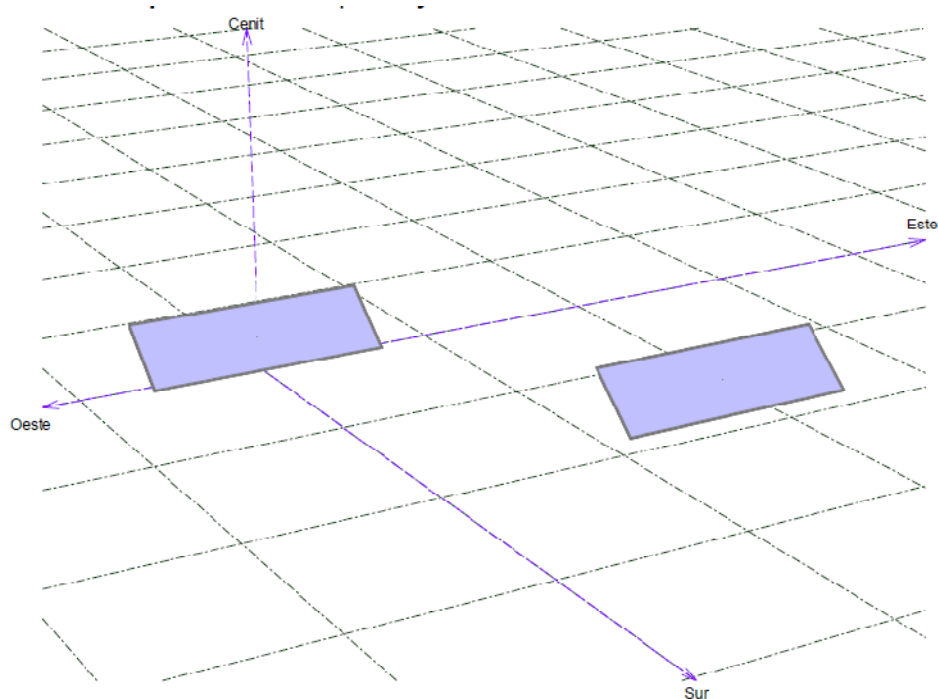


Figura nº12: Perspectiva del campo FV y situación de sombreado.

Con esta disposición de los seguidores solares, el programa muestra el siguiente diagrama de Iso-sombreados:

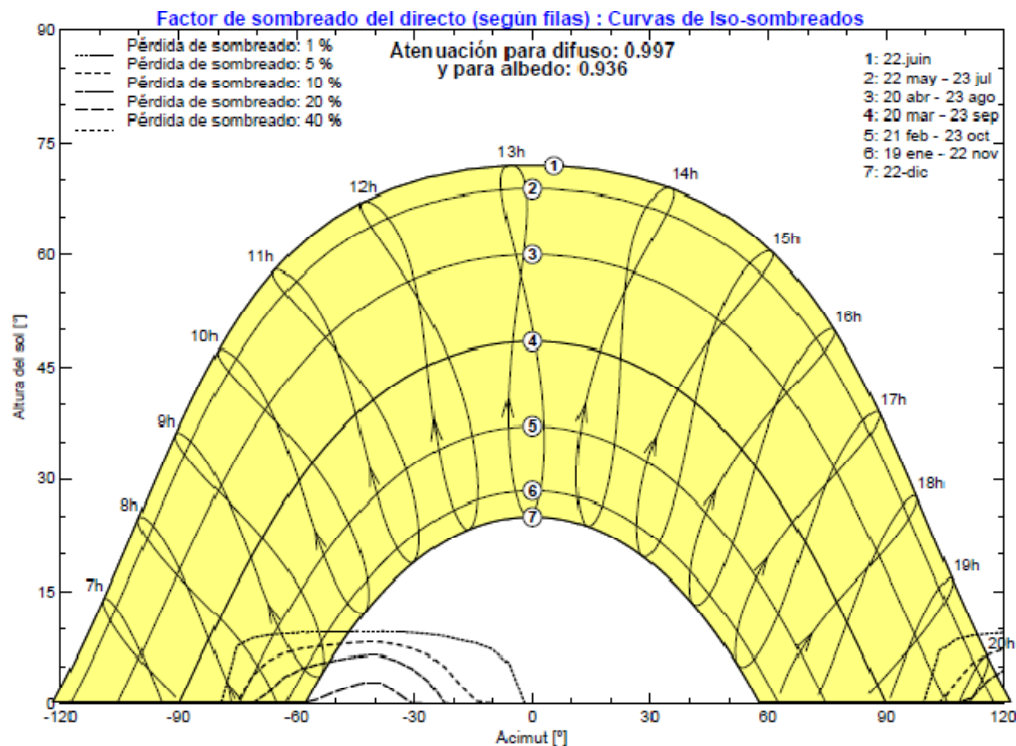


Figura nº13: Diagrama de Iso-sombreados Sub-generador 2.

Para esta disposición, el programa arroja unas pérdidas globales por sombreado del 0,2%, muy inferior al 10% fijado en el Pliego de Condiciones Técnicas del I.D.A.E.

2.6.2.3. CIMENTACIÓN DE LOS SEGUIDORES.

Para el cálculo de la cimentación de los seguidores solares, se tendrá en cuenta todo lo indicado en el apartado 2.6.1.4.

La base del seguidor está formada por tres articulaciones que soportan todos los esfuerzos a los que es sometida la parrilla del seguidor, distribuyéndose las fuerzas entre esos tres puntos de apoyo. Para el cálculo de la cimentación necesaria, hemos considerado que toda la fuerza recae sobre el apoyo central simplificando el cálculo.

La fuerza a la que estará sometida la parrilla del seguidor por la acción del viento, para la inclinación máxima de la parrilla (40°), será la siguiente:



$$F = W \times S = W \times S_1 \times \text{Sen } \alpha \quad (2.6.2.3.1)$$

Donde:

- W : Presión frontal del viento (N/m²)
- S_1 : Superficie.
- α : Ángulo de inclinación de la superficie.

La presión frontal del viento se obtiene mediante la expresión:

$$W = \frac{V^2 \cdot 9,8}{16} \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (2.6.2.3.2)$$

Donde:

- V : Velocidad del viento (m/s).

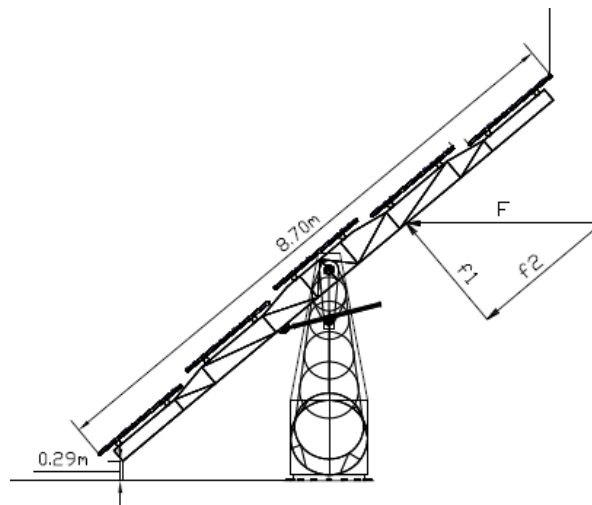


Figura nº 14: Desglose fuerzas en el seguidor.

Para el cálculo se ha considerado una velocidad del viento de 108 Km/h, que es la máxima velocidad de viento que soporta la estructura en su posición más desfavorable, luego la fuerza que resultará sobre la superficie que forman los paneles será:



$$F = \frac{30^2 \cdot 9,8}{16} \times (8,70m \times 26,474m) \times \text{Sen } 40^\circ = 81.612,17 \text{ N}$$

Luego la fuerza f_1 la obtendremos mediante la expresión:

$$f_1 = F \times \text{Sen } \alpha = 81.612,17 \text{ N} \times \text{Sen } 40 = 52.451,59 \text{ N}$$

Como se ha comentado anteriormente, la fuerza f_1 recae solo sobre el apoyo central, luego:

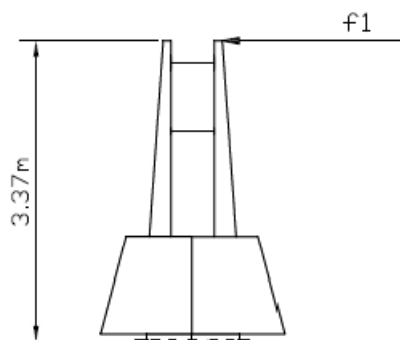


Figura n° 15: Fuerza principal base del seguidor

Para determinar las dimensiones del macizo de cimentación se va a utilizar el método de Sulzberger o método suizo, utilizado en la cimentación de apoyos eléctricos, y que extrapolamos a nuestro seguidor:

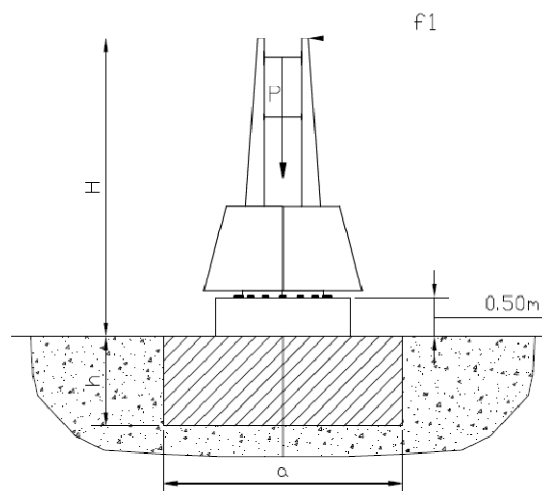


Figura n° 16: Detalle método Sulzberger para cimentación de seguidor



El momento de fallo a vuelco del apoyo es:

$$M_{vuelco} = F \cdot \left(H + \frac{2}{3} \cdot h \right) (m \cdot kg) \quad (2.6.2.3.3)$$

y el momento resistente al vuelco o estabilizador será:

$$M_{estabilizador} = \frac{M_1 + M_2}{S} \quad (2.6.2.3.4)$$

Donde:

$$M_1 = \frac{c_h \cdot a \cdot h^3 \cdot \tan \alpha}{36} \quad m \cdot kg \quad (2.6.2.3.5)$$

$$M_2 = 0,4 \cdot a \cdot P \quad m \cdot kg \quad (2.6.2.3.6)$$

Debiéndose cumplir que:

$$M_{vuelco} < M_{estabilizador} \quad (2.6.2.3.7)$$

Donde:

- M_1 : Momento estabilizador debido a bloque de hormigón.
- M_2 : Momento estabilizador debido al peso del bloque de hormigón y el apoyo con el equipo.
- S : Coeficiente de seguridad (1,5).
- P : Peso del conjunto (macizo + apoyo + módulos).
- a : Anchura de la base del dado de hormigón.
- $\tan \alpha$: Tangente de ángulo de giro de la cimentación (no superior a 0,01)
- h : Altura cimentación.
- H : Altura del poste.
- K : Coeficiente de compresibilidad del terreno (Kg/cm^3).



Donde:

$$C_h = K \cdot \frac{h}{2(m)} \quad (2.6.2.3.8)$$

Luego:

$$M_1 = K \cdot \frac{h}{2(m)} \quad (2.6.2.3.9)$$

$$M_1 = K \cdot \frac{h}{2(m)} \frac{a \cdot h^3 \cdot 0,01}{36} = 1,390 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{kg} \quad (2.6.2.3.10)$$

Donde:

- K : Coeficiente de compresibilidad del terreno (Kg/cm^3).

El valor de K a 2 m de profundidad es de 12 Kg/cm^3 para terrenos normales.

El peso del bloque de hormigón será igual al volumen de éste multiplicado por su densidad, que será de 2.400 Kg/m^3 .

Si consideramos que el bloque de hormigón tiene base cuadrada:

$$M_2 = 0,4 \cdot a \cdot P = 0,4 \cdot a \cdot (a^2 \cdot h \cdot d + P_{total \text{ seguidor}}) \text{ m} \cdot \text{kg} \quad (2.6.2.3.11)$$

$$P_{total \text{ seguidor}} = P_{estructura} + P_{módulos} = 6.100 \text{ kg} + (17 \cdot 160) = 8.820 \text{ kg} \quad (3.2.3.12)$$

Quedando:

$$F \cdot \left(H + \frac{2}{3} \cdot h \right) < \frac{1,390 \cdot 10^{-4} \cdot K \cdot a \cdot h^4 + 0,4 \cdot a \cdot (a^2 \cdot h \cdot d + P_{seguidor})}{S} \quad (2.6.2.3.13)$$

Por otra parte, la presión que la cimentación transmite al terreno no deberá superar la carga máxima admisible por éste, siendo dicha presión igual a:



$$\sigma = \frac{P}{a^2} \cdot \frac{6 \cdot F \cdot (H+h)}{a^2 \cdot a} \text{ kg/m}^2 \quad (2.6.2.3.14)$$

Para terrenos normales, la carga admisible para el terreno suele ser de 3 daN/cm² (2,943 Kg/cm²).

Con estas condiciones se ha realizado una tabla con diferentes valores de “a” y “h”, obteniendo una solución de entre todas las posibles que cumpla con lo expuesto hasta el momento y que minimice el volumen de hormigón requerido:

| (a) [m] | (h) [m] | Mvuelco [m x kg] | Mestabilizador [m x kg] | M1 [m x kg] | M2 [m x kg] | σ [kg x cm2] | V hormig [m3] |
|-------------|-------------|---------------------|----------------------------|----------------|------------------|-----------------|---------------------|
| 2,40 | 1,00 | 26.315,00 | 14.492,16 | 0,00400 | 21.738,24 | 1,37 | 5,76 |
| 2,60 | 1,00 | 26.315,00 | 17.363,84 | 0,00434 | 26.045,76 | 1,09 | 6,76 |
| 2,80 | 1,00 | 26.315,00 | 20.634,88 | 0,00467 | 30.952,32 | 0,88 | 7,84 |
| 3,00 | 1,00 | 26.315,00 | 24.336,00 | 0,00500 | 36.504,00 | 0,72 | 9,00 |
| 3,20 | 1,00 | 26.315,00 | 28.497,92 | 0,00534 | 42.746,88 | 0,60 | 10,24 |
| 3,40 | 1,00 | 26.315,00 | 33.151,36 | 0,00567 | 49.727,04 | 0,51 | 11,56 |
| 3,60 | 1,00 | 26.315,00 | 38.327,04 | 0,00600 | 57.490,56 | 0,43 | 12,96 |

Tabla n°6: Tabla cimentación seguidor.

La zapata de hormigón será de base cuadrada y tendrá las siguientes dimensiones:

- Anchura de la base (a): 3,2 m.
- Altura de la cimentación (h): 1 m.
- Volumen de hormigón necesario: 10,24 m³.



2.7. CÁLCULOS EN BAJA TENSIÓN.

2.7.1. FÓRMULAS GENERALES.

- **Intensidad:**

La intensidad que circulará por cada tramo de la red será función de la potencia que ésta deberá transportar, la intensidad viene dada por la expresión:

- Alterna:
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \text{ (A)} \quad (2.7.1.1)$$

- Continua:
$$I = \frac{P}{V} \text{ (A)} \quad (2.7.1.2)$$

Donde:

- I : Intensidad (A).
- P : Potencia (W).
- U : Tensión (V).
- $\cos\varphi$: Factor de potencia.

- **Caída de Tensión:**

La caída de tensión en cada tramo de la red se ha calculado teniendo en cuenta las siguientes fórmulas:

- Alterna:
$$C.d.t \text{ (V)} = \frac{P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} \quad (2.7.1.3)$$

- Continua:
$$C.d.t \text{ (V)} = \frac{2 \cdot P \cdot L}{U \cdot \gamma \cdot S} \quad (2.7.1.4)$$

Donde:

- $C.d.t$: Caída de tensión [V].
- P : Potencia [W].
- L : Longitud del tramo [m].
- γ : Conductividad del conductor [Cobre: 56, Aluminio: 35]
- S : Sección de conductor [mm²].



2.7.2. CABLEADO DE CORRIENTE CONTINÚA.

Para el diseño del generador fotovoltaico se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Según el Pliego de Condiciones Técnicas, los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores de la parte CC deberán tener sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%, teniendo como referencia las tensiones correspondientes a cajas de conexiones.
2. Para el cálculo de las correspondientes secciones, se tomarán los valores de tensión y corriente para el caso de funcionamiento de los módulos en condiciones estándar de funcionamiento (STC), tomando como valores de cálculo la tensión del módulo en el punto de máxima potencia (V_{max}) y la corriente de cortocircuito.
3. Por cada ramal no podrán circular corrientes procedentes de otros ramales, para lo cual, se colocarán los elementos de protección necesarios.
4. Según la ITC-BT-40, los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

La sección mínima requerida en cada tramo se calculará mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma_{cobre} \cdot \Delta V} [mm^2] \quad (2.7.2.1)$$

Donde:

- S: Sección de conductor [mm^2].
- P: Potencia [W].
- L: Longitud del tramo [m].
- γ : Conductividad del conductor [Cobre: $56 \text{ m}/\Omega \cdot mm^2$].



- ΔV : Caída de tensión en voltios.

➤ CABLEADO RAMAL – CUADRO DE GRUPO.

Como se ha establecido en apartados anteriores, cada ramal estará formado por 16 módulos conectados en serie. La interconexión entre los módulos se ha realizado mediante conductores de sección 4 mm^2 que los propios módulos poseen, completando la distancia restante hasta los cuadros de grupo con conductor de la misma sección.

Con estas premisas se han obtenido los siguientes resultados:

| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO RAMAL - CUADRO DE GRUPO | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------|--|----------------------------|--------|--------------------|--------------------|--------|------|----------------------|
| RAMAL | V _{max} (STC) | I _{sc} | I CÁLCULO (125% I _{sc}) | P _{pico} (STC) | L | S Teórica | S adoptada | C.d.t. | | P _{perdida} |
| | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm ²] | [mm ²] | [V] | [%] | [W] |
| GRUPO 1 | | | | | | | | | | |
| Ramal 1 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 21,50 | 0,61 | 4,00 | 1,34 | 0,23 | 7,53 |
| Ramal 2 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 27,50 | 0,63 | 4,00 | 1,72 | 0,29 | 9,63 |
| Ramal 3 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 34,50 | 0,79 | 4,00 | 2,16 | 0,37 | 12,08 |
| Ramal 4 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 41,50 | 0,94 | 4,00 | 2,59 | 0,44 | 14,53 |
| TOTAL | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160,00 | 125,00 | | | | | 43,75 |
| GRUPO 2 | | | | | | | | | | |
| Ramal 5 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 21,50 | 0,49 | 4,00 | 1,34 | 0,23 | 7,53 |
| Ramal 6 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 27,50 | 0,63 | 4,00 | 1,72 | 0,29 | 9,63 |
| Ramal 7 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 34,50 | 0,79 | 4,00 | 2,16 | 0,37 | 12,08 |
| Ramal 8 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 41,50 | 0,94 | 4,00 | 2,59 | 0,44 | 14,53 |
| TOTAL | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160,00 | 125,00 | | | | | 43,75 |
| GRUPO 3 | | | | | | | | | | |
| Ramal 9 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 21,50 | 0,49 | 4,00 | 1,34 | 0,23 | 7,53 |
| Ramal 10 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 27,50 | 0,63 | 4,00 | 1,72 | 0,29 | 9,63 |
| Ramal 11 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 34,50 | 0,79 | 4,00 | 2,16 | 0,37 | 12,08 |
| Ramal 12 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 41,50 | 0,94 | 4,00 | 2,59 | 0,44 | 14,53 |
| TOTAL | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160,00 | 125,00 | | | | | 43,75 |
| GRUPO 4 | | | | | | | | | | |
| Ramal 13 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 21,50 | 0,49 | 4,00 | 1,34 | 0,23 | 7,53 |
| Ramal 14 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 27,50 | 0,63 | 4,00 | 1,72 | 0,29 | 9,63 |
| Ramal 15 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 34,50 | 0,79 | 4,00 | 2,16 | 0,37 | 12,08 |
| Ramal 16 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 41,50 | 0,94 | 4,00 | 2,59 | 0,44 | 14,53 |
| TOTAL | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160,00 | 125,00 | | | | | 43,75 |



| GRUPO 5 | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [W] |
|----------|--------|-------|-------|-----------|--------|-------|-------|------|------|-------|
| Ramal 17 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 21,50 | 0,49 | 4,00 | 1,34 | 0,23 | 7,53 |
| Ramal 18 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 27,50 | 0,63 | 4,00 | 1,72 | 0,29 | 9,63 |
| Ramal 19 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 34,50 | 0,79 | 4,00 | 2,16 | 0,37 | 12,08 |
| Ramal 20 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 41,50 | 0,94 | 4,00 | 2,59 | 0,44 | 14,53 |
| TOTAL | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160,00 | 125,00 | | | | | 43,75 |

Tabla n°7: Tabla cálculo conductores sub-generador 1

| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO RAMAL - CUADRO DE GRUPO | | | | | | | | | | |
|---|------------|-------|----------------------|-------------|-------|-----------|------------|--------|------|----------|
| RAMAL | Vmax (STC) | Isc | I CÁLCULO (125% Isc) | Ppico (STC) | L | S Teórica | S adoptada | C.D.T. | | Pperdida |
| SEGUIDOR 1 | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [W] |
| Ramal 1 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 23,0 | 0,65 | 4,00 | 1,44 | 0,25 | 8,05 |
| Ramal 2 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 23,0 | 0,65 | 4,00 | 1,44 | 0,25 | 8,05 |
| Ramal 3 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 25,0 | 0,71 | 4,00 | 1,56 | 0,27 | 8,75 |
| Ramal 4 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 25,0 | 0,71 | 4,00 | 1,56 | 0,27 | 8,75 |
| Ramal 5 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 26,5 | 0,75 | 4,00 | 1,66 | 0,28 | 9,28 |
| Ramal 6 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 26,5 | 0,75 | 4,00 | 1,66 | 0,28 | 9,28 |
| Ramal 7 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 28,5 | 0,81 | 4,00 | 1,78 | 0,30 | 9,98 |
| Ramal 8 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 28,5 | 0,81 | 4,00 | 1,78 | 0,30 | 9,98 |
| Ramal 9 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 30,0 | 0,85 | 4,00 | 1,88 | 0,32 | 10,50 |
| Ramal 10 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 30,0 | 0,85 | 4,00 | 1,88 | 0,32 | 10,50 |
| TOTAL | 585,60 | 56,00 | 70,00 | 30.400 | 266,0 | | | | | 93,10 |
| SEGUIDOR 2 | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [W] |
| Ramal 11 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 23,0 | 0,65 | 4,00 | 1,44 | 0,25 | 8,05 |
| Ramal 12 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 23,0 | 0,65 | 4,00 | 1,44 | 0,25 | 8,05 |
| Ramal 13 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 25,0 | 0,71 | 4,00 | 1,56 | 0,27 | 8,75 |
| Ramal 14 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 25,0 | 0,71 | 4,00 | 1,56 | 0,27 | 8,75 |
| Ramal 15 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 26,5 | 0,75 | 4,00 | 1,66 | 0,28 | 9,28 |
| Ramal 16 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 26,5 | 0,75 | 4,00 | 1,66 | 0,28 | 9,28 |
| Ramal 17 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 28,5 | 0,81 | 4,00 | 1,78 | 0,30 | 9,98 |
| Ramal 18 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 28,5 | 0,81 | 4,00 | 1,78 | 0,30 | 9,98 |
| Ramal 19 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 30,0 | 0,85 | 4,00 | 1,88 | 0,32 | 10,50 |
| Ramal 20 | 585,60 | 5,60 | 7,00 | 3040 | 30,0 | 0,85 | 4,00 | 1,88 | 0,32 | 10,50 |
| TOTAL | 585,60 | 56,00 | 70,00 | 30.400 | 266,0 | | | | | 93,10 |

Tabla n°8: Tabla cálculo conductores sub-generador 2



La conexión entre los ramales y los cuadros de grupo se realiza mediante conductores unipolares (+ y -) al aire y fijados a la estructura de montaje. En estas condiciones se ha de seleccionar un conductor que permita su colocación en el exterior y que soporte las inclemencias meteorológicas y la radiación solar.

El conductor seleccionado es del fabricante General Cable, modelo RV- K FOC 0,6/1kV 2 x 1 x 4 mm² Cu. Según el fabricante, la intensidad máxima que soporta el conductor en régimen de trabajo permanente a una temperatura de 40°C es de 38 A, que es muy superior a la máxima intensidad que va circular por este tramo de instalación (5,6 A) en condiciones normales de funcionamiento.

➤ **CABLEADO CUADRO GRUPO – EMBARRADO DE CORRIENTE CONTINUA**

Todas las líneas procedentes de los ramales convergen en cuadros de grupo, y desde cada cuadro de grupo se realiza la distribución hasta los embarrados de continua de cada uno de los sub-generadores, situados en la sala de control mediante una o varias líneas. De esta manera se consiguen unificar todas las líneas para poder entrar al inversor con una sola.

En el caso del Sub-generador 1, al embarrado llegarán 5 líneas procedentes de los 5 cuadros de grupo existentes, mientras que en el caso del Sub-generador 2, llegarán 4 líneas procedentes de dos cuadros de grupo.

La distribución desde los cuadros hasta el embarrado de la sala de control se realiza en instalación enterrada, y deberá cumplir con lo estipulado en el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión (ITC-BT-07):

1. Los cables enterrados podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV y su sección no será inferior a 6 mm².



2. La profundidad hasta la parte inferior del cable no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada. (En este caso lo consideramos como calzada).
3. Para conseguir que el cable quede correctamente instalado:
 - El lecho de la zanja estará libre de aristas y el fondo estará formado por una capa de arena de mina o de río lavada de espesor mínimo de 0,5 m sobre la que se colocará el cable. Por encima se colocará otra capa de arena de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
 - Por encima de la arena todos los cables deberán tener protección mecánica (placa de plástico) colocadas transversalmente. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m y a la parte superior del cable de 0,25 m.
4. En canalizaciones entubadas conforme las especificaciones del apartado 1.2.4. de la ITC-BT-21. No se instalará más de un circuito por tubo.
5. Las intensidades máximas soportadas por los conductores serán las indicadas en la siguiente tabla:



| SECCIÓN NOMINAL mm ² | Terna de cables unipolares (1) (2) | | | 1 cable tripolar o tetrapolar (3) | | |
|---------------------------------------|---|-----|-----|--|-----|-----|
| |  | | |  | | |
| | TIPO DE AISLAMIENTO | | | | | |
| | XLPE | EPR | PVC | XLPE | EPR | PVC |
| 6 | 72 | 70 | 63 | 66 | 64 | 56 |
| 10 | 96 | 94 | 85 | 88 | 85 | 75 |
| 16 | 125 | 120 | 110 | 115 | 110 | 97 |
| 25 | 160 | 155 | 140 | 150 | 140 | 125 |
| 35 | 190 | 185 | 170 | 180 | 175 | 150 |
| 50 | 230 | 225 | 200 | 215 | 205 | 180 |
| 70 | 280 | 270 | 245 | 260 | 250 | 220 |
| 95 | 335 | 325 | 290 | 310 | 305 | 265 |
| 120 | 380 | 375 | 335 | 355 | 350 | 305 |
| 150 | 425 | 415 | 370 | 400 | 390 | 340 |
| 185 | 480 | 470 | 420 | 450 | 440 | 385 |
| 240 | 550 | 540 | 485 | 520 | 505 | 445 |
| 300 | 620 | 610 | 550 | 590 | 565 | 505 |
| 400 | 705 | 690 | 615 | 665 | 645 | 570 |
| 500 | 790 | 775 | 685 | - | - | - |
| 630 | 885 | 870 | 770 | - | - | - |

Figura n° 17: Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente para cables con ductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente)



6. En el caso de una terna de cables unipolares en el interior de un mismo tubo se aplicará un factor de corrección de 0,8.
7. Según la ITC-BT-21, las características mínimas de los tubos serán las indicadas en la siguiente tabla:

| Característica | Código | Grado |
|--|---------|--|
| Resistencia a la compresión | NA | 250 N / 450 N / 750 N |
| Resistencia al impacto | NA | Ligero / Normal / Normal |
| Temperatura mínima de instalación y servicio | NA | NA |
| Temperatura máxima de instalación y servicio | NA | NA |
| Resistencia al curvado | 1-2-3-4 | Cualquiera de las especificadas |
| Propiedades eléctricas | 0 | No declaradas |
| Resistencia a la penetración de objetos sólidos | 4 | Protegido contra objetos $D \geq 1 \text{ mm}$ |
| Resistencia a la penetración del agua | 3 | Protegido contra el agua en forma de lluvia |
| Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos | 2 | Protección interior y exterior media |
| Resistencia a la tracción | 0 | No declarada |
| Resistencia a la propagación de la llama | 0 | No declarada |
| Resistencia a las cargas suspendidas | 0 | No declarada |

Notas:
 NA : No aplicable
 (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal

Tabla nº9: Características mínimas de los tubos de protección

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la siguiente tabla figuran los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir:

| Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²) | Diámetro exterior de los tubos (mm) | | | | |
|--|-------------------------------------|----|----|----|----|
| | Número de conductores | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 16 |
| 2,5 | 12 | 12 | 16 | 16 | 20 |
| 4 | 12 | 16 | 20 | 20 | 20 |
| 6 | 12 | 16 | 20 | 20 | 25 |
| 10 | 16 | 20 | 25 | 32 | 32 |
| 16 | 16 | 25 | 32 | 32 | 32 |
| 25 | 20 | 32 | 32 | 40 | 40 |
| 35 | 25 | 32 | 40 | 40 | 50 |
| 50 | 25 | 40 | 50 | 50 | 50 |
| 70 | 32 | 40 | 50 | 63 | 63 |
| 95 | 32 | 50 | 63 | 63 | 75 |
| 120 | 40 | 50 | 63 | 75 | 75 |
| 150 | 40 | 63 | 75 | 75 | -- |
| 185 | 50 | 63 | 75 | -- | -- |
| 240 | 50 | 75 | -- | -- | -- |

Figura 18: Diámetro mínimo interior de los tubos de conducción.



| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO CUADRO DE GRUPO - EMBARRADO SALA DE CONTROL | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|--------|----------------------------|----------------|--------|--------------------|---------------------|--------|------|------------------------|------|----------|--------|
| RAMAL | Vmax (STC) | Isc | I calculo (125% Isc) | Ppico (STC) | L | Sección Teórica | Sección adoptada | C.D.T. | | Max C.d.t ACUMULADA | | Pperdida | |
| | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] | |
| SUBGENERADOR 1 | GRUPO 1 | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160 | 34,00 | 3,87 | 16,00 | 2,13 | 0,36 | 4,72 | 0,81 | 47,60 |
| | GRUPO 2 | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160 | 50,00 | 5,69 | 16,00 | 3,13 | 0,53 | 5,72 | 0,98 | 70,00 |
| | GRUPO 3 | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160 | 77,00 | 8,77 | 25,00 | 3,08 | 0,53 | 5,67 | 0,97 | 68,99 |
| | GRUPO 4 | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160 | 67,00 | 7,63 | 25,00 | 2,68 | 0,46 | 5,27 | 0,90 | 60,03 |
| | GRUPO 5 | 585,60 | 22,40 | 28,00 | 12.160 | 93,00 | 10,59 | 25,00 | 3,72 | 0,64 | 6,31 | 1,08 | 83,33 |
| | TOTAL | 585,60 | 112,00 | 140,00 | 60.800 | 321,00 | | | | | | | 329,95 |

| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO CUADRO DE GRUPO - EMBARRADO SALA DE CONTROL | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|--------|-----------------------------------|----------------|--------|--------------------|---------------------|--------|------|------------------------|------|-------------|--------|
| RAMAL | Vmax (STC) | Isc | I CÁLCUL O (125% Isc) | Ppico (STC) | L | Sección Teórica | Sección adoptada | C.D.T. | | Max C.d.t ACUMULADA | | Pperdi a | |
| | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] | |
| SUBGENERADOR 2 | SEGUIDOR 1 | | | | | | | | | | | | |
| | Línea 1 | 585,60 | 28,00 | 35,00 | 15.200 | 46,00 | 6,55 | 25,00 | 2,30 | 0,39 | 3,96 | 0,68 | 64,40 |
| | Línea 2 | 585,60 | 28,00 | 35,00 | 15.200 | 47,00 | 6,69 | 25,00 | 2,35 | 0,40 | 4,23 | 0,72 | 65,80 |
| | SEGUIDOR 2 | | | | | | | | | | | | |
| | Línea 1 | 585,60 | 28,00 | 35,00 | 15.200 | 90,00 | 12,81 | 25,00 | 4,50 | 0,77 | 6,16 | 1,05 | 126,00 |
| | Línea 2 | 585,60 | 28,00 | 35,00 | 15.200 | 91,00 | 12,95 | 25,00 | 4,55 | 0,78 | 6,43 | 1,10 | 127,40 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] |
| | 585,60 | 112,00 | 140,00 | 60.800,00 | 274,00 | | | | | | | 383,60 | |

Tabla nº10: Tabla cálculo conductores sub-generador 1 y sub-generador 2 para tramo Cuadro de grupo – Embarrado sala de control.

En función de lo mencionado en este apartado, se ha seleccionado el siguiente conductor del fabricante General Cable:

- RV- K 0,6/1kV 2 x 1 x 16 mm² Cu.

Según la figura nº 17, la intensidad máxima admisible en instalación enterrada para este conductor es de 125 A.

- RV- K 0,6/1kV 2x 1 x 25 mm² Cu

Según la figura nº 17, la intensidad máxima admisible en instalación enterrada, para este conductor es de 160 A.

A estos valores es necesario aplicarles un factor de corrección de 0,8. Luego, el conductor RV- K 0,6/1kV 1 x 16 mm² Cu soportará una intensidad máxima de 100 A, que es mucho mayor que los 28 A requeridos en la instalación. El



conductor RV- K 0,6/1kV 1 x 25 mm² Cu soportará una intensidad máxima de 128 A, que es mucho mayor que los 28 A requeridos en la instalación.

Los tubos seleccionados, atendiendo a la figura nº 18, son de diámetro 32 mm.

En el último tramo, dentro de la sala de control, los conductores discurren en el interior de una canaleta fijada directamente a la pared. En esta situación y según la ITC-BT-19, los conductores de la sección seleccionada soportan una intensidad de 91 y 116 A respectivamente, luego siguen cumpliendo con lo mencionado hasta el momento.

• CABLEADO TRAMO EMBARRADO – INVERSOR.

Este tramo está formado por un solo circuito que discurre desde la salida de cuadro general de protección hasta los bornes de entrada del inversor.

Para el dimensionamiento de este tramo se ha tenido en cuenta las recomendaciones del fabricante, según las cuales, la sección mínima del conductor de entrada al inversor debe ser de 50 mm².

Calculamos la sección necesaria:

| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO CUADRO DE EMBARRADO CONTINUA - INVERSOR | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|------|--------------------|---------------------|--------|------|----------------------------|------|----------|
| SUBGENERADOR 1 | TRAMO | Vmax (STC) | Isc | I CÁLCULO (125% Isc) | Ppico (STC) | L | Sección Teórica | Sección adoptada | C.D.T. | | Max C.d.t ACUMULAD A | | Pperdida |
| | | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] |
| | Embarrado - Inversor | 585,60 | 112,00 | 140,00 | 60.800,00 | 3,00 | 1,71 | 70,00 | 0,21 | 0,04 | 6,53 | 1,11 | 24,00 |

| DIMENSIONADO CABLEADO TRAMO EMBARRADO CONTINUA - INVERSOR | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------|---------------|--------|----------------------------|----------------|------|--------------------|---------------------|--------|------|------------------------|------|----------|
| SUBGENERADOR 2 | TRAMO | Vmax (STC) | Isc | I CÁLCULO (125% Isc) | Ppico (STC) | L | Sección Teórica | Sección adoptada | C.D.T. | | Max C.d.t ACUMULADA | | Pperdida |
| | | [V] | [A] | [A] | [W] | [m] | [mm2] | [mm2] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] |
| | Embarrado - Inversor | 585,60 | 112,00 | 140,00 | 60.800,00 | 3,00 | 1,71 | 70,00 | 0,21 | 0,04 | 6,64 | 1,13 | 24,00 |

Tabla nº11: Tabla cálculo conductores sub-generador 1 y sub-generador 2 para tramo Embarrado continua – Inversor.



La conducción del conductor se realiza bajo canal de instalación, luego según la siguiente tabla el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-18):

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|---|-----------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|-----------------------------|---------------|-----|-----|-----|
| A | | Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes | 3x PVC | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | | | |
| A2 | | Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes | 3x PVC | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | | | |
| B | | Conductores aislados en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra | | | 3x PVC | 2x PVC | | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | |
| B2 | | Cables multiconductores en tubos ² en montaje superficial o empotrados en obra | | 3x PVC | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | | |
| C | | Cables multiconductores directamente sobre la pared ¹⁾ | | | 3x PVC | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | | | |
| E | | Cables multiconductores al aire libre ²⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0,3D ³⁾ | | | | 3x PVC | 2x PVC | 3x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | 2x XLPE o EPR | | | | |
| F | | Cables unipolares en contacto mutuo ⁴⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾ | | | | | 3x PVC | | | 3x XLPE o EPR ¹⁾ | | | | |
| G | | Cables unipolares separados mínimo D ⁵⁾ | | | | | | | 3x PVC ⁶⁾ | | 3x XLPE o EPR | | | |
| Cobre | | | mm ² | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| | | | 1,5 | 11 | 11,5 | 13 | 13,5 | 15 | 16 | - | 18 | 21 | 24 | - |
| | | | 2,5 | 15 | 16 | 17,5 | 18,5 | 21 | 22 | - | 25 | 29 | 33 | - |
| | | | 4 | 20 | 21 | 23 | 24 | 27 | 30 | - | 34 | 38 | 45 | - |
| | | | 6 | 25 | 27 | 30 | 32 | 36 | 37 | - | 44 | 49 | 57 | - |
| | | | 10 | 34 | 37 | 40 | 44 | 50 | 52 | - | 60 | 68 | 76 | - |
| | | | 16 | 45 | 49 | 54 | 59 | 66 | 70 | - | 80 | 91 | 103 | - |
| | | | 25 | 59 | 64 | 70 | 77 | 84 | 88 | 96 | 106 | 116 | 123 | 166 |
| | | | 35 | | 77 | 86 | 96 | 104 | 110 | 119 | 131 | 144 | 154 | 206 |
| | | | 50 | | 94 | 103 | 117 | 125 | 133 | 145 | 159 | 175 | 183 | 250 |
| | | | 70 | | | | 149 | 160 | 171 | 188 | 202 | 224 | 244 | 321 |
| | | | 95 | | | | 180 | 194 | 207 | 230 | 245 | 271 | 296 | 391 |
| | | | 120 | | | | 208 | 225 | 240 | 267 | 284 | 314 | 348 | 455 |
| | | | 150 | | | | 236 | 260 | 278 | 310 | 328 | 363 | 404 | 525 |
| | | | 185 | | | | 268 | 297 | 317 | 354 | 366 | 415 | 464 | 601 |
| | | | 240 | | | | 315 | 350 | 374 | 419 | 455 | 490 | 552 | 711 |
| | | | 300 | | | | 360 | 404 | 423 | 484 | 524 | 565 | 640 | 821 |

Figura nº19: Intensidades admisibles al aire 40° de conductores con carga.

Se ha seleccionado un conductor del fabricante General Electric, modelo RV-K FOC 0,6/1kV 70 mm² Cu el cuál, en las condiciones de diseño marcadas, soporta una intensidad de 224 A, muy superior a los 140 A requeridos.

La caída de tensión total acumulada en el lado de corriente continua de la instalación con los conductores seleccionados es de 1,13%, inferior al 1,5% fijado por Pliego de condiciones Técnicas.

2.7.3.- CABLEADO DE CORRIENTE ALTERNA.

Para el cálculo se distinguen tres tramos:

- Tramo Inversor – Embarrado:

La salida de cada uno de los inversores en la parte de corriente alterna se realiza de forma independiente hasta un embarrado donde se unifican.



- Tramo Embarrado – Interruptor General (ICPM):
La salida desde el embarrado ha realizado mediante un solo conductor hasta el cuadro donde se ha instalado el interruptor magnetotérmico general (ICPM).
- Tramo ICPM – CGP: Línea General de Alimentación.

La máxima caída de tensión permitida en el lado de corriente alterna de la instalación según el Pliego de Condiciones Técnicas es de 2%, luego:

| TRAMO | Potencia | Tensión | Intensidad | Longitud | S Teórica | S adoptada | C.d.t. | | C.d.t. Acumulada | | Pperdida |
|-------------------|------------|---------|------------|----------|--------------------|--------------------|--------|------|------------------|------|----------|
| | [W] | [V] | [A] | [m] | [mm ²] | [mm ²] | [V] | [%] | [V] | [%] | [W] |
| Inver 1-Embarrado | 55.000,00 | 400 | 81,01 | 2,5 | 12,28 | 25 | 0,25 | 0,06 | 0 | 0 | 27,56 |
| Inver 2-Embarrado | 55.000,00 | 400 | 81,01 | 2,5 | 12,28 | 25 | 0,25 | 0,06 | 0 | 0 | 27,56 |
| Embarra-ICPM | 110.000,00 | 400 | 162,01 | 1,00 | 9,82 | 95 | 0,05 | 0,01 | 0,30 | 0,07 | 11,60 |
| ICPM-CGP | 110.000,00 | 400 | 162,01 | 0,5 | 4,91 | 95 | 0,03 | 0,01 | 0,32 | 0,08 | 8,29 |

Tabla nº12: Tabla cálculo conductores lado corriente alterna sub-generador.

Para el tramo que va desde cada uno de los inversores de la instalación hasta el embarrado general de alterna, se ha seleccionado un conductor RV-K FOC 3x1x 25mm² Cu + 1 x 16 mm² Cu, que según la figura nº 19 del apartado anterior soporta una intensidad máxima de 106 A, superior a los 81 A que circulan en este tramo.

Para el tramo que va desde el embarrado general hasta el cuadro del interruptor general se ha seleccionado un conductor RV-K FOC 3 x 1 x 95 mm² Cu + 1 x 50 mm² Cu que, según la figura nº 19, soporta una intensidad máxima de 245 A, muy superior a los 162,01 A que circulan por el tramo.

Para el tramo desde el ICPM hasta CGP se ha seleccionado el mismo conductor que para el tramo anterior.



La caída de tensión total acumulada en el lado de corriente alterna de la instalación con los conductores seleccionados es de 0,08%, muy inferior al 2% fijado por Pliego de condiciones Técnicas y por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

2.7.4.- ELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE BAJA TENSIÓN.

2.7.4.1.- PROTECCIÓN LÍNEAS DE CORRIENTE CONTINUA.

- Protección frente a cortocircuitos:

Todos los ramales han sido protegidos mediante la instalación de fusibles. La intensidad nominal de los fusibles seleccionados será aquella esté comprendida entre 1,6 y 2,5 veces la intensidad nominal para la cual está dimensionada la línea, y además que cumpla:

$$I_{\text{línea}} < I_{\text{fusible}} < I_{\text{max del conductor}}$$

La máxima intensidad que circula por la línea de los ramales es de 5,6 A, luego:

$$5,6 \text{ A} < I_{\text{fusible}} < 38 \text{ A}, \quad I_{\text{fusible}} = 10 \text{ A}$$

Se ha seleccionado fusibles de una intensidad nominal de 10 A con un poder de corte de 30 kA del fabricante dfElectric. Estos fusibles son específicos para instalaciones fotovoltaicas, ya que tienen una tensión de funcionamiento de hasta 900 V. Son cilíndricos de calibre 10 x 38.

Para el seccionamiento de cada sub-generador se ha seleccionado un interruptor de corriente continua tetra polar, de una intensidad mayor que la máxima intensidad de entrada al inversor, que es de 112 A. El interruptor seleccionado es un Isomax S3, de intensidad nominal 160 A y un poder de corte, con tres polos en serie, de 40 kA.

- Protección frente a sobretensiones:



Sobre el generador fotovoltaico se pueden generar sobretensiones de origen atmosférico de cierta importancia. Por ello, se ha protegido el generador mediante protectores de clase II, instalados en todos los cuadros de grupo tanto del sub-generador 1 como del sub-generador 2.

Los dispositivos seleccionados deben de poseer una tensión nominal de funcionamiento superior a las tensiones máximas de funcionamiento en el generador, luego los dispositivos deberán estar preparados para tensiones superiores a 794,72 V.

Se ha seleccionado unos protectores de sobretensión tipo II del fabricante ABB, modelo OVR PV 40 1000 (S) P(TS), cuya máxima tensión de operación es de hasta 1000 V y corriente máxima de descarga de 40 kA.

Cabe mencionar, que no se han previsto la instalación de protectores a la entrada de los inversores, ya que, éstos los llevan incorporados.

➤ Protección contra contactos indirectos:

Para la protección contra contactos indirectos se ha instalado un vigilante de aislamiento, que en caso de fallo envía una señal de apertura a un interruptor de continua en estado sólido situado en cada una de las líneas que llegan al embarrado de continua.

La elección del vigilante de aislamiento se realiza en función de las tensiones extremas de funcionamiento del sistema para las que va a funcionar el vigilante. En nuestro sistema, la tensión fluctuará en un intervalo de 480,16 hasta 794,72 V.

El vigilante de aislamiento seleccionado es del fabricante Proat, concretamente el modelo INFAC3/900/I, que posee un margen de tensión de funcionamiento de 450 – 900 V.

Los interruptores de continua en estado sólido se han seleccionado en función de las intensidades de las líneas procedentes de los cuadros de grupo.

El sub-generador 1 está formado por cinco cuadros de grupo, de los que salen cinco circuitos con una intensidad máxima de 22,4 A, luego los interruptores



seleccionados deberán tener una intensidad nominal de funcionamiento superior.

El sub-generador 2 está formado por dos cuadros de grupo, de los que salen dos circuitos por cuadro con una intensidad máxima de 28 A, luego los interruptores seleccionados deberán tener una intensidad nominal de funcionamiento superior.

El modelo seleccionado es interruptor de continua en estado sólido INFAC/800/M/T, con capacidad de corte de hasta 80 A y con dispositivo de conexión a tierra.

Se ha previsto un interruptor de continua en cada circuito, de esta forma se evita que todos ellos queden fuera de servicio ante la aparición de un defecto en alguno de los ramales. De esta forma todos los circuitos seguirán funcionando a excepción del circuito en el que se detecte el defecto.

Otro de los dispositivos que se ha previsto en la instalación es un buscador de seguidor de fallo. Mediante este dispositivo, controlado por el vigilante de aislamiento, busca el circuito en el que se ha producido el defecto y manda orden de desconexión al interruptor de continua correspondiente.

Se ha seleccionado un buscador de fallo modelo BSF-5/RT, con capacidad de controlar un máximo de 5 interruptores de continua. El número de circuitos a controla en el sub-generador 1 es de 5 mientras que en el sub-generador 2 es de 4.

2.7.4.2.- PROTECCIÓN LÍNEAS DE CORRIENTE ALTERNA.

Según el Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, el sistema de protecciones deberá estar formado por:

- Interruptor General Manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión. Este interruptor será accesible a la empresa distribuidora en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.
- Interruptor automático diferencial.



- Interruptor automático de la desconexión, para la desconexión – conexión de la instalación en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Protecciones de máxima y mínima frecuencia (51-49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).

Podrán integrarse en el equipo inversor las funciones de protección de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia y en tal caso las maniobras automáticas de desconexión – conexión serán realizadas por éste. En este caso sólo se necesitará disponer adicionalmente de las protecciones de interruptor general manual y de interruptor automático diferencial, si las maniobras son realizadas por un contactor cuyo rearme sea automático.

El inversor seleccionado para la instalación, posee integradas la protecciones de máxima y mínima tensión y máxima y mínima frecuencia, además realiza la desconexión – conexión del generador mediante un contactor. En el inversor se pueden seleccionar los rangos de funcionamiento máxima y mínima tensión, máxima y mínima frecuencia y los tiempos de reconexión del generador a red una vez restablecido el problema.

Así pues, las protecciones que se describen a continuación serán las únicas necesarias.

➤ Protección frente a sobrecargas y cortocircuitos:

Para la protección de la línea desde la salida de los inversores hasta la Caja General de protección, se ha previsto un interruptor magnetotérmico de una intensidad nominal de hasta 250 A regulable, y un poder de corte de 25kA, concretamente el Tmax T3 del fabricante ABB.

La intensidad que circula por el circuito es de 162,01 A, y la máxima intensidad que puede soportar el conductor en este tramo es de 245 A. El relé del interruptor permite un umbral térmico de regulación de entre 0,7 a 1 la intensidad nominal.



Para la selección del interruptor en función de la intensidad de cortocircuito en este punto, se ha cogido el valor de intensidad de cortocircuito del transformador en el lado de baja tensión, que es de 8,59 kA. El interruptor seleccionado tiene un poder de corte de 25 kA, que es mucho mayor del requerido.

Para la protección de la Línea General de Alimentación se ha previsto la instalación de la una Caja General de Protección. Las características de este elemento están marcadas por las compañías distribuidoras. Teniendo en cuenta que la intensidad máxima del interruptor seleccionado es de 250 A, se ha previsto una Caja General de Protección de hasta 400 A. Según la compañía distribuidora, los fusibles para esta CGP serán tipo cuchilla, tamaño 2, clase gG y de una intensidad de hasta 400 A y un poder de corte superior a la intensidad de cortocircuito en ese punto.

La intensidad máxima admisible para el conductor previsto es de 245 A, luego el fusible seleccionado deberá ser de una intensidad inferior a la máxima permitida por el conductor y superior a la intensidad fijada por el interruptor magnetotérmico de la instalación.

Se ha seleccionado un fusible de tipo NH, tamaño 2, clase gG, de una intensidad de 224 A y un poder de corte de 25 kA.

2.7.5.- RED DE TIERRAS DEL SUB-GENERADOR.

El diseño de la red de tierras del generador se ha realizado teniendo en cuenta las indicaciones de la Guía Técnica Aplicación del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-18) y el Real Decreto 1663/2000.

Para una instalación de tierra realizada mediante conductor desnudo, éste deberá tener una sección mínima de 35 mm^2 , si es de cobre, y las picas utilizadas deberán ser de un diámetro superior a 14,2 mm, para obtener una resistencia de puesta a tierra inferior a 12 Ohmios.

La instalación de puesta a tierra del generador está formada por la unión de 12 electrodos de puesta a tierra (picas) clavados en el terreno, y unidas mediante



un conductor de cobre desnudo enterrado a una profundidad de 0,8 y formando anillos (Ver esquema nº 5 y esquema 6).

Luego la resistencia de la puesta a tierra viene determinada por las siguientes expresiones:

$$R_{t_anillo} = \frac{2 \times \rho}{L} \quad (2.7.5.1)$$

Donde:

- R_{t_anillo} : Resistencia de puesta a tierra con una configuración en anillo.[Ω]
- L : Longitud del conductor enterrado [m]
- ρ : Resistividad del Terreno [$\Omega \cdot m$]

$$R_{t_picas} = \frac{\rho}{N \times L_p} \quad (2.7.5.2)$$

Donde:

- R_{t_picas} : Resistencia de puesta a tierra con una configuración mediante picas .[Ω]
- L_p : Longitud de las picas [m]
- ρ : Resistividad del Terreno [$\Omega \cdot m$]
- N : Nº de picas.

La resistencia a tierra total de generador se obtendrá mediante la expresión:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t_anillo}} + \frac{1}{R_{t_picas}} \quad (2.7.5.3)$$

La longitud total del conductor desnudo es de 286,85 metros, luego:

$$R_{t_picas} = \frac{\rho}{N \times L_p} = \frac{150}{12 \cdot 2} = 10,42 \, \Omega$$

$$R_{t_anillo} = \frac{2 \times \rho}{L} = \frac{2 \cdot 150}{286,85} = 1,74 \, \Omega$$



$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t_anillo}} + \frac{1}{R_{t_picas}} = 0,67 \quad \rightarrow \quad R_t = 1,49 \, \Omega < 12 \, Ohmios$$

Para el estudio, se ha considerado que las puestas de tierra de los dos subgeneradores son independientes. Para cada configuración en estudio, las dos mallas se unirán en el borne de comprobación formando una sola red, como marca el Real Decreto 1663/2000.

3.- RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN

La interconexión entre la Caja General de Protección y el Centro de transformación se ha realizado mediante una línea subterránea de baja tensión.

Esta línea, según la normativa vigente, debe de ser dimensionada para que soporte al menos el doble de la potencia de la central fotovoltaica, es decir, el doble de la suma de las potencias de los inversores conectados con la red de distribución pública, luego la red subterránea tiene que ser dimensionada para los siguientes valores:

- Potencia: 200.000 W (50.000 W x 2 Inversores).
- Tensión: 400 V.
- Factor de potencia: 0,8.

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- Criterio de la intensidad máxima admisible:

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los conductores y suele ser de 70°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.



La intensidad que circula por el conductor en régimen permanente se obtiene mediante:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi} \quad (3.1)$$

Según la fórmula anterior, la intensidad nominal que circulará por el conductor en régimen permanente es de 360,84 A.

Según la ITC-BT-07, para la intensidad calculada corresponde una sección mínima de 240mm².

Teniendo en cuenta que la máxima intensidad en servicio permanente no puede ser mayor del 85% de la intensidad máxima admisible del conductor seleccionado, según la compañía distribuidora, el conductor seleccionado será RV 0,6/1kV 3x1x240 + 1 x 150 mm² Al, ya que el 85% de la intensidad máxima del conductor es de 365,5 A, que es mayor que 360,84 A.

➤ Criterio de la caída de tensión:

La caída de tensión que se produce en una línea se obtiene mediante la fórmula (2.7.1.3). Teniendo en cuenta que la longitud de la línea es de 55 metros, la caída de tensión es de 3,27 V (0,82%), muy inferior al 5% máximo permitido.

4.- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Es la parte de la instalación comprendida entre la línea subterránea de baja tensión (3x230/400 V) procedente de la CGP de la central fotovoltaica hasta la línea subterránea de media tensión (3x15kV) que conectará con la línea de aérea de media tensión mediante una conversión aero-subterránea.

4.1.- CARACTERÍSTICAS

Características del Centro de Transformación miniBLOK:

Generales:

- Tensión asignada: 24 kV.



- Nivel de Aislamiento:
 - A frecuencia Industrial: 50 kV.
 - A frecuencia tipo rayo 125 kVcresta.

Edificio prefabricado:

- Grado de protección: IP 23D.
- Resistencia al impacto: IK 10.
- Clase: 10K.

Celdas de media tensión:

- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A.
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A.
- Intensidad de corta duración embarrado (3s) 16/20 kA.
- Capacidad de ruptura combinación int-fus: 20 kA.

Transformador:

- Potencia: 250 kVA.
- Tensión secundaria en vacío: 420 V.
- Grupo de conexión: Dyn 11.
- Tensión de cortocircuito: 4%.

Cuadro de baja tensión:

- Tensión asignada: 440 V.
- Intensidad asignada: 630 A.
- Intensidad asignada en las salidas: 400 A.

4.2.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Este apartado trata de justificar la elección de la potencia del centro de transformación y demás partes de la instalación de acuerdo con la normativa vigente.

4.2.1.-INTENSIDAD DE MEDIA TENSIÓN

La intensidad primaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:



$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

- P : Potencia del transformador [kVA]
- U_p : Tensión primaria [kV]
- I_p : Intensidad primaria [A]

| TRANSFORMADOR | POTENCIA [KVA] | Up [kV] | Ip [A] |
|-----------------|-------------------|------------|-----------|
| Transformador 1 | 250 | 15 | 9,62 |

Tabla n°13.

4.2.2.-INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

La intensidad secundaria en un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_s = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

donde:

- P : Potencia del transformador [kVA]
- U_s : Tensión en el secundario [kV]
- I_s : Intensidad en el secundario [A]

| TRANSFORMADOR | POTENCIA [KVA] | Us (En vacío) [kV] | Is [A] |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-----------|
| Transformador 1 | 250 | 0,42 | 343,66 |

Tabla n°14.

4.2.3.-CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

Para el cálculo de las intensidades que origina un cortocircuito. se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito en el punto de entronque de la red de MT,



valor especificado por la compañía eléctrica que para el cálculo fijaremos en 519,6 MVA.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

donde:

- S_{cc} : Potencia de cortocircuito de la red [MVA]
- U_p : Tensión de servicio [kV]
- I_{ccp} : Corriente de cortocircuito [kA]

Para una potencia de cortocircuito de 519,6 MVA y una tensión de servicio 15 kV, la intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión es de:

$$I_{ccp} = 20 \text{ kA.}$$

Para los cortocircuitos secundarios, se va a considerar que la potencia de cortocircuito disponible es la teórica de los transformadores de MT-BT, siendo por ello más conservadores que en las consideraciones reales.

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico, viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

donde:

- P : Potencia de transformador [kVA]
- E_{cc} : Tensión de cortocircuito del transformador [%]
- U_s : Tensión en el secundario [V]
- I_{ccs} : Corriente de cortocircuito [kA]

| TRANSFORMADOR | POTENCIA [KVA] | Us (En vacío) [V] | Ecc [%] | Icc [kA] |
|-----------------|-------------------|----------------------|------------|-------------|
| Transformador 1 | 250 | 420 | 4 | 8,59 |

Tabla nº15.



4.2.4.-DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Las celdas fabricadas por ORMAZABAL han sido sometidas a ensayos para certificar los valores indicados en las placas de características, por lo que no es necesario realizar cálculos teóricos ni hipótesis de comportamiento de celdas.

4.2.5.-COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor. Esto, además de mediante cálculos teóricos, puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 630 A

4.2.6.-COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 4.2.3 de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc(din)} = I_{ccp} \cdot 2,5 = 20kA \cdot 2,5 = 50kA$$

4.2.7.-COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito. Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero



preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor. En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{ccp} = 20 \text{ kA.}$$

4.2.8.-PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Los transformadores están protegidos tanto en MT como en BT. En MT la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en BT la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

- **Transformador**

La protección en MT de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.



Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles se ha seleccionado mediante la siguiente tabla proporcionada por el fabricante:

| SELECCIÓN DE FUSIBLES RECOMENDADOS, TIPO MEDIO DE SIBA, DE BAJAS PÉRDIDAS CON PERCUTOR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|-----|
| Potencia Nominal del Transformador SIN SOBRECARGAS (kVA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | |
| Tensión Nominal [kV] | | Intensidad Nominal del Fusible [A] IEC 60282-1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Red | Celda | Fusible | 6,3 | 10 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 160 | 200* | 250* | | | |
| 10 | 12 | 6/12 | 6,3 | 10 | 16 | 20 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 160 | 200* | 250* | | |
| 13,2 | 24 | 10/24 | 6,3 | 6,3 | 10 | 16 | 16 | 20 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | - | - | |
| 15 | 24 | 10/24 | 6,3 | 6,3 | 10 | 16 | 16 | 20 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 80 | 160* | - | |
| 20 | 24 | 10/24 | 6,3 | 6,3 | 6,3 | 10 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 50 | 63 | 80 | 125 |

Tabla n°16: Selección de fusibles.

Se ha seleccionado fusibles de 20 A, tipo HH de la marca Siba, con un poder de corte de 50 kA.

- **Termómetro**

El termómetro verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

- **Protecciones en BT**

Las salidas de BT cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado en el apartado 7.3.4.

En nuestro caso, la intensidad nominal de fusible de salida en baja tensión dependerá del conductor al que tiene que proteger.

El conductor que acomete a la salida 1, procedente de la central es de 3x240 mm² +1x150 mm² Al, que aguanta una intensidad permanente máxima de 430 A.

Para proteger la línea se ha instalado un fusible tipo gl/Gg 500 V, tipo NH2 de la marca dfElectric, de una intensidad nominal de 315 A y un poder de corte de 120kA. De esta manera cumplimos la siguiente norma:



$$I < I_{n-fusible} < I_{\max conductor}$$

$$160,38 A < 315A < 390 A$$

4.2.9.- DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 9901B024-BE-LE-01, para ventilación de transformador de potencia hasta 400 kVA.
- 9901B024-BE-LE-02, para ventilación de transformador de potencia hasta 630 kVA.

4.2.10.- DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 400 l de capacidad por cada transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuego.

4.2.11- CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

4.2.11.1.- INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del



suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

4.2.11.2.- DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y DEL TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE A LA ELIMINACIÓN DEL DEFECTO.

En las instalaciones de MT de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- Tipo de neutro:

El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.

- Tipo de protecciones:

Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:



$$I_{d \max cal}: \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)$$

Donde:

- U_n : Tensión de servicio [kV]
- L_a : Longitud e las líneas aéreas [km]
- L_c : Longitud de las líneas subterráneas [km]
- C_a : Capacidad de las líneas aéreas [0,006 mF/km]
- C_c : Capacidad de líneas subterráneas [0.25 mF/km]
- $I_{d \max cal}$: Intensidad máxima calculada [A]

La $I_{d \max}$ en este caso será:

$$I_{d \max cal.} = 20,89 \text{ A}$$

Superior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_{d \max} = 10 \text{ A}$$

4.2.11.3.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA

- Características de la red de alimentación:
 - Tensión de servicio: $U_r = 15 \text{ kV}$
- Puesta a tierra del neutro:
 - Longitud de líneas aéreas $L_a = 0,03 \text{ km}$
 - Longitud de líneas subterráneas $L_c = 0,017 \text{ km}$
 - Limitación de la intensidad a tierra $I_{dm} = 10 \text{ A}$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:
 - $V_{bt} = 8.000 \text{ V}$
- Características del terreno:
 - Resistencia de tierra $R_o = 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$
 - Resistencia del hormigón $R'o = 3.000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:



$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

donde:

- I_d : Intensidad de falta a tierra [A]
- R_t : Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- V_{bt} : Tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R_t)^2}}$$

donde:

- U_n : Tensión de servicio [V]
- ω : Pulsación del sistema ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$)
- C_a : Capacidad de las líneas aéreas (0.006 mF/km)
- L_a : Longitud de las líneas aéreas [km]
- C_c : Capacidad de las líneas subterráneas (0.250 mF/km)
- L_c : Longitud de las líneas subterráneas [km]
- R_t : Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- I_d : Intensidad de falta a tierra [A]

Operando en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 0,0138 \text{ A}$$

La resistencia total de puesta a tierra preliminar:

$$R_t = \frac{V_{vt}}{I_d} = \frac{8.000 \text{ V}}{0,0138 \text{ A}} = 579.710,14 \Omega$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una K_r más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:



$$K_r \leq \frac{R_t}{R_0}$$

donde:

- R_t : Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- K_r : Coeficiente del electrodo

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq \frac{579.710,14}{150} = 3.851,48$$

La configuración seleccionada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada:.....25-25/5/42
- Geometría del sistema:..... Anillo rectangular
- Distancia de la red: 2.5x2.5 m
- Profundidad del electrodo horizontal:0,5 m
- Número de picas:4
- Longitud de las picas:2 m

Cuadrado de 2,5 m x 2,5 m
Sección del conductor = 50 mm².
Diámetro de las picas = 14 mm.
 L_p = Longitud de la pica en m.

Profundidad = 0,5 m


| Configuración | L_p (m) | Resistencia K_r | Tensión de paso K_p | Tensión de contacto $K_c = K_{p(acc)}$ | Código de la configuración |
|---|-----------|----------------------|-----------------------------|--|-------------------------------|
| Sin picas | - | 0,189 | 0,0395 | 0,1188 | 25-25/5/00 |
|  | 2 | 0,123 | 0,0291 | 0,0633 | 25-25/5/42 |
| | 4 | 0,093 | 0,0213 | 0,0422 | 25-25/5/44 |
| | 6 | 0,075 | 0,0166 | 0,0312 | 25-25/5/46 |
| | 8 | 0,055 | 0,0136 | 0,0247 | 25-25/5/48 |

Tabla n°17. Configuración electrodos de tierra según UNESA.

Parámetros característicos del electrodo:

- De la resistencia: $K_r = 0,123$
- De la tensión de paso: $K_p = 0,0291$



- De la tensión de contacto:Kc = 0,0633

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto:

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del Edificio/s no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.
- Alrededor del edificio de maniobra exterior se colocará una acera perimetral de 1 m de ancho con un espesor suficiente para evitar tensiones de contacto cuando se maniobran los equipos desde el exterior.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_0$$

donde:

- K_r : Coeficiente del electrodo
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R'_t : Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = K_r \cdot R_0 = 0,123 \cdot 150 = 18,15 \, \Omega$$

y la intensidad de defecto real, será:

$$I'_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C_a \cdot L_a + \omega \cdot C_c \cdot L_c)^2 \cdot (3 \cdot R'_t)^2}} = 0,036 \, A$$



4.2.11.4.- CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

En los edificios de maniobra exterior no existen posibles tensiones de paso en el interior ya que no se puede acceder al interior de los mismos.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, es necesario una acera perimetral, en la cual no se precisa el cálculo de las tensiones de paso y de contacto desde esta acera con el interior, ya que éstas son prácticamente nulas. Se considera que la acera perimetral es parte del edificio.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d$$

donde:

- R'_t : Resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
- I'_d : Intensidad de defecto [A]
- V'_d : Tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 18,15 \cdot 0,036 = 0,6534 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_0 \cdot I'_d$$

donde:

- K_c : Coeficiente(0,063)
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- I'_d : Intensidad de defecto [A]
- V'_c : Tensión de paso en el acceso [V]



Por lo que tendremos una tensión de contacto de:

$$V'_c = 0,0633 \cdot 150 \cdot 0,036 = 0,3418 \text{ V}$$

4.2.11.5.- CÁLCULO DE LAS TENSIONES DE PASO EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_0 \cdot I'_d$$

donde:

- K_p : Coeficiente
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- I'_d : Intensidad de defecto [A]
- V'_p : Tensión de paso en el exterior [V]

por lo que tendremos una tensión de paso en el exterior de:

$$V'_p = K_p \cdot R_0 \cdot I'_d = 0,0291 \cdot 150 \cdot 0,036 = 0,1576 \text{ V}$$

4.2.11.6.- CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

La tensión máxima de contacto aplicada será determinada en función del tiempo de duración del defecto según la fórmula siguiente:

$$V = K / t^n$$

Donde:

- $K = 72$ y $n = 1$ para tiempos inferiores a 0'9 segundos.



Luego para una duración total de la falta de 0,8 se los valores admisibles serán:

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot R_0}{1.000}\right)$$

Donde:

- K : Coeficiente
- t : Tiempo total de duración de la falta [s]
- n : Coeficiente
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- V_p : Tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que tendremos una tensión de paso en el exterior será de:

$$V_p = \frac{10 \cdot 72}{0,8^1} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 150}{1.000}\right) = 1710 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot R_0 + 3 \cdot R'_0}{1.000}\right)$$

donde

- K : Coeficiente
- T : Tiempo total de duración de la falta [s]
- n : Coeficiente
- R_0 : Resistividad del terreno en [Ohm·m]
- R'_0 : Resistividad del hormigón en [Ohm·m]
- $V_{p(acc)}$: Tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que tendremos una tensión de paso en el acceso al edificio de:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot 72}{0,8^1} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 150 + 3 \cdot 3.000}{1.000}\right) = 9.405 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:



| | Valor Calculado | Condición | Valor Admisible |
|---------------------------------|---|-----------|---------------------------------------|
| Tensión de paso en el exterior: | $V'_p = 0,1567 \text{ V}$ | \leq | $V_p = 1.710 \text{ V}$ |
| Tensión de paso en el acceso: | $V'_{p(\text{acc})} = 0,1567 \text{ V}$ | \leq | $V_{p(\text{acc})} = 9.495 \text{ V}$ |
| Tensión de defecto: | $V'_d = 0,6534 \text{ V}$ | \leq | $V_d = 8.000 \text{ V}$ |

Tabla n°18

4.2.11.7.- INVESTIGACIÓN DE LAS TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando no bien afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_0 \cdot I'_d}{2.000 \cdot \pi}$$

Donde:

- R_0 : Resistividad del terreno [Ohm m]
- I'_d : Intensidad de defecto [A]

La distancia mínima de separación entre los dos sistemas de tierra será de:

$$D = \frac{150 \cdot 0,036}{2.000 \cdot \pi} = 0,000859 \text{ m}$$

La toma de tierra partirá de la borna de B.T. del neutro del Transformador, y se realizará con cable de Cu aislado 0.6/1 kV RV de 50 mm² sección, protegido en su instalación intemperie con tubo de PVC de 32 mm diámetro. Irá alojado en una zanja de 0.5 m. de profundidad hasta el electrodo de puesta a tierra, que estará situado a una distancia de 20 m.



El electrodo de puesta a tierra de servicio tendrá la siguiente configuración:

- Configuración seleccionada:.....5/42
- Geometría del sistema:..... Picas en hilera
- Profundidad del electrodo horizontal:0,5 m
- Número de picas:4
- Longitud de las picas:2 m
- Separación entre picas:3 m

| Picas en hilera unidas por un conductor horizontal |
|--|
| Separación entre picas 3 m. ; Longitud de las picas 2 m. |
| Sección del conductor = 50 mm ² . |
| Diámetro de las picas = 14 mm. |

Profundidad = 0,5 m

| Número de picas | Resistencia K _r | Tensión de paso K _p | Código de la configuración |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| 2 | 0,2010 | 0,03920 | 5/22 |
| 3 | 0,1350 | 0,02520 | 5/32 |
| 4 | 0,1040 | 0,01840 | 5/42 |
| 6 | 0,0730 | 0,01200 | 5/62 |
| 8 | 0,0572 | 0,00345 | 5/82 |

Tabla n°19

Mediante esta configuración conseguimos una resistencia de la puesta a tierra de:

$$R'_0 = K_r \cdot R_0 = 0,1040 \cdot 150 = 15,6 \, \Omega \leq 20 \, \Omega$$

4.2.11.8.- CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de "K_r" inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o



longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.

5.- LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

5.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se trata de justificar que la elección de los conductores superan las necesidades de la red, en lo que se refiere a caídas de tensión y capacidad de transporte.

Características del conductor RHZ1-OL H-16 12/20 kV 3x1x150mm² Al

Sección total:..... 150 mm²

Intensidad máxima:I = 335 A

Resistencia eléctrica a 20°C:..... 0,262 Ω/Km

Reactancia eléctrica a 20°C 0,115 Ω/Km

5.2.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS

El conductor seleccionado para este tramo de línea se justifica basándose en dos factores:

- **Densidad de Corriente Admisible**

Para una potencia a transportar de 250 kVA, la Intensidad máxima en el conductor viene dada por la fórmula:

$$I = \frac{P_{aparente}}{\sqrt{3} * V} = \frac{250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 15 \text{ kV}} = 9,62 \text{ A}$$

donde:

P: Potencia Aparente del transformador [kVA].

V: Tensión de servicio de la línea [kV].

I: Intensidad de línea [A].

Dada la sección del conductor, se tiene una densidad máxima de corriente en el mismo de:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{9,62 \text{ A}}{150 \text{ mm}^2} = 0,064 \text{ A/mm}^2$$

El conductor admite una densidad de corriente:



$$\delta \text{ Admisible} = 2,23 \text{ A/mm}^2 > 0,064 \text{ A/mm}^2.$$

Al estar el conductor directamente enterrado, la intensidad máxima admisible según el fabricante y el R.L.A.T, es de 260 A (25°C y una profundidad de 1m), luego el conductor admitirá una densidad de corriente de:

$$\delta \text{ Admisible} = 1,73 \text{ A/mm}^2 > 0,064 \text{ A/mm}^2.$$

Asimismo, la potencia máxima a transportar por el conductor es:

$$P_{max} = \sqrt{3} V x I x \cos \alpha = \sqrt{3} x 15 \text{ kV} x 260 x 0,8 = 5.403,99 \text{ kW} > 200 \text{ kW}$$

- **Caída de tensión**

La caída de tensión por Km de línea, considerando una capacidad despreciable, viene dada por la expresión:

$$e = \sqrt{3} I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Siendo:

- e: Caída de tensión, en voltios por Km
- I: Intensidad de corriente, en amperios.
- R: Resistencia por fase Ohm por Km
- X: Reactancia por fase Ohm por Km
- Φ : Angulo de desfase.

Luego:

$$e = \sqrt{3} x 9,62 x (0,262 x 0,8 + 0,115 x 0,6) = 4,642 \text{ V/Km}$$

Dada la longitud de la línea en este tramo, se obtiene una caída de tensión en la misma de:

$$e = 4,642 x 0,017 = 0,079 \text{ V} (0,000526\%)$$

Que puede considerarse despreciable.



6.- RED AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

6.1.- CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Se trata de justificar que la elección de los conductores superan las necesidades de la red, en lo que se refiere a caídas de tensión y capacidad de transporte.

- **Características del conductor LA-56**

Composición (Nº de alambres Al/Ac): 6 + 1

Sección total:..... 54,6 mm²

Diámetro total:..... 9,45 mm

Intensidad admisible:..... 196 A

Resistencia eléctrica: 0,614 Ω/Km

- **Reactancia aparente de la línea**

La reactancia aparente de la línea se calcula mediante la fórmula:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(\frac{1}{2} + 4,607 \cdot \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4}$$

Donde

X: Reactancia aparente en Ohm/km.

f: Frecuencia de la red en Hz (50Hz).

D: Separación media geométrica entre conductores.

r: Radio del conductor (mm).

La separación máxima para una cruceta H3 es 1.750 mm, luego:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot \left(\frac{1}{2} + 4,697 \cdot \ln \frac{1750}{4,725} \right) \cdot 10^{-4} = 0,3967 \Omega/\text{km}.$$

- **Capacidad de la línea**



La capacidad de la línea se calcula mediante la fórmula:

$$C = \frac{0,055}{\ln \frac{2d}{D}} \cdot 10^{-6} \left(\frac{F}{Km} \right)$$

Donde:

D: Diámetro del conductor (mm).

d: Separación media geométrica entre conductores (mm).

La capacidad kilométrica de la línea será:

$$C = \frac{0,055}{\ln \frac{2 \cdot 1750}{9,45}} \cdot 10^{-6} = 9,29 \cdot 10^{-9} \left(\frac{F}{Km} \right)$$

El conductor seleccionado para ambos tramos de línea en se justifica basándose en dos factores:

- **Densidad de Corriente Admisible**

Para una potencia a transportar de 250 kVA, la Intensidad máxima en el conductor viene dada por la fórmula:

$$I = \frac{P_{aparente}}{\sqrt{3} * V} = \frac{250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} * 15 \text{ kV}} = 9,62 \text{ A}$$

Donde:

- P: Potencia Aparente del transformador [kVA].
- V: Tensión de servicio de la línea [kV].
- I: Intensidad de línea [A].

Dada la sección del conductor se tiene una densidad máxima de corriente en del mismos de:

$$\delta = \frac{I}{S} = \frac{9,62 \text{ A}}{54,6 \text{ mm}^2} = 0,176 \text{ A/mm}^2$$

El conductor admite una densidad de corriente:

$$\delta \text{ Admisible} = 3,61 \text{ A/mm}^2 > 0,176 \text{ A/mm}^2.$$



Asimismo, la potencia máxima a transportar por el conductor es:

$$P_{max} = \sqrt{3} V I \cos \alpha = \sqrt{3} \times 15 \text{ kV} \times 197,1 \times 0,8 = 4.096,65 \text{ kW} > 200 \text{ kW}$$

- **Caída de tensión**

La caída de tensión por Km de línea, considerando una capacidad despreciable, viene dada por la expresión:

$$e = \sqrt{3} I (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Siendo:

- e : Caída de tensión, en voltios por Km
- I : Intensidad de corriente, en amperios.
- R : Resistencia por fase Ohm por Km
- X : Reactancia por fase Ohm por Km
- Φ : Angulo de desfase.

Luego:

$$e = \sqrt{3} \times 9,62 \times (0,614 \times 0,8 + 0,394 \times 0,6) = 11,673 \text{ V/Km}$$

Dada la longitud de la línea se obtiene una caída de tensión en la misma de:

- Tramo aéreo:

$$e = 11,673 \times 0,030 = 0,35 \text{ V (0,00233\%)}$$

Que puede considerar despreciable.

- **Elección de los fusibles de media tensión.**

La intensidad nominal del fusible de media tensión estará comprendida entre 1,6 y 2,5 veces la intensidad nominal para la cual está dimensionada la línea (250kVA).

Dado que la intensidad nominal de nuestro transformador es igual a 9,62 A, la intensidad nominal del fusible recomendado para media tensión será de 16 A.



- **Elección de los aisladores de media tensión**

Los aisladores de media tensión se han seleccionado en función de dos parámetros:

1. Nivel de aislamiento requerido.
2. Separación mínima para protección de la avifauna(0,7 m).

El nivel de aislamiento requerido para una línea de 15 kV viene indicado en el RLAT, ITC-AT-07, apartado 4.4., tabla 12:

| Tensión más elevada para el material U_m kV (valor eficaz) | Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz) | Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta) |
|---|---|---|
| 3,6 | 10 | 20 40 |
| 7,2 | 20 | 40 60 |
| 12 | 28 | 60 75 95 |
| 17,5 | 38 | 75 95 |

Tabla n°20

Así pues, se ha seleccionado 4 Aisladores para cadenas de amarre del tipo U 70 BS, los cuales, poseen las siguientes características:

- Tensión a frecuencia industrial
 - de 1 min. en seco..... 205 kV
 - de 1 min. bajo lluvia135 > 50 kV
 - Tensión al impulso de choque en seco.....320 > 125 kV

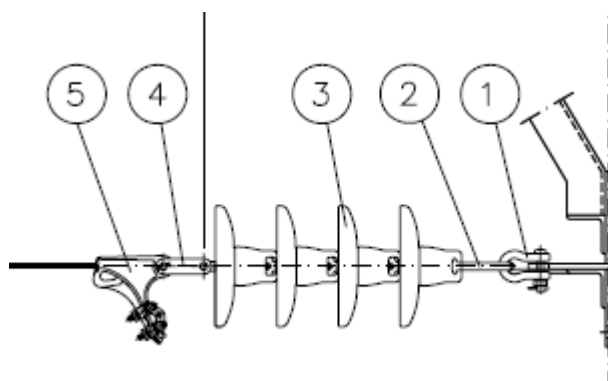


Figura n°20: Detalle cadena de aisladores.



6.2.- CÁLCULO MECÁNICO DE LA LÍNEA AÉREA.

6.2.1.- CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

- Características mecánicas del conductor:

| | |
|--------------------------------|--|
| Denominación | LA-56 |
| Sección | 54,6 mm ² |
| Diámetro | 9,45 mm |
| Peso | 0,190 kg/m |
| Módulo elástico | 8.100 kg/mm ² |
| Coef. Dilatación lineal | $19,1 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ |
| Carga de Rotura | 1.666 Kg |

Tabla nº21: Características conductor LA-56

De acuerdo con lo expuesto en el vigente Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión, se elaboran dos tablas:

- Tabla de cálculo mecánico de conductores: en la que figuran las tensiones y flechas correspondientes a las hipótesis de cálculo.
- Tabla de regulación de conductores: en la que figuran los datos necesarios para la obtención de las flechas y tenses a utilizar en la regulación y posterior engrapado de los conductores, correspondientes a diferentes temperaturas sin sobrecargas y para diferentes vanos.
- Condiciones básicas para el cálculo:
 - El coeficiente de seguridad elegido para el cálculo será superior a 3 (límite estático)
 - La tensión de trabajo de los conductores a 15° C., sin sobrecarga será la del EDS que será inferior al 22% (límite dinámico)
 - Zona de cálculo reglamentaria “A”.
- Cálculos:



Para la obtención de las tensiones de los diferentes estados de temperatura y sobrecarga se utiliza la ecuación del cambio de condiciones, partiendo de una tensión fijada previamente para otras condiciones iniciales de temperatura y sobrecarga, en nuestro caso $-5^{\circ} + \text{Viento}$ (Tense máximo).

$$T_2^2 \cdot \left(T + \frac{P_1^2 \cdot a_1^2}{24 \cdot T_1^2} \cdot E \cdot S + E \cdot S \cdot \alpha(\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right) = \frac{P_2^2 \cdot a_2^2}{24} \cdot E \cdot S$$

Siendo:

- a : Vano de cálculo en m
- T_1 : Tensión inicial del conductor en daN
- T_2 : Tensión final del conductor en daN
- P_1 : Peso unitario inicial del conductor en Kg/m
- P_2 : Peso unitario final del conductor en Kg/m
- α : Coeficiente de dilatación lineal del conductor en mm/ $^{\circ}\text{C}$
- θ_1 : Temperatura inicial del conductor en $^{\circ}\text{C}$
- θ_2 : Temperatura final del conductor en $^{\circ}\text{C}$
- E : Módulo de elasticidad del conductor en Kg/mm²
- S : Sección del conductor en mm²

Las flechas correspondientes se han determinado mediante la ecuación:

$$f = \frac{a^2 \cdot P}{8 \cdot T}$$

Donde:

- f : Flecha en metros
- a : Vano en metros
- P : Peso del conductor con o sin sobrecarga en daN/m
- T : Tensión total del conductor en daN

Como la ejecución de la línea se realizará con un vano destensado, no se ha considerado necesario la realización del cálculo mecánico del conductor.



6.2.2.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD

- **Distancias de los conductores al terreno**

Según el artículo 5.5 de la ITC-LAT-07 del vigente Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión, la distancia mínima de los conductores a cualquier punto del terreno, en el momento de flecha máxima, será:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ en metros}$$

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,16 = 5,46 \text{ m}$$

Con un mínimo de 6 m.

- **Separación entre conductores**

La separación mínima entre conductores de fase se determina por la fórmula siguiente:

$$D = K \cdot \sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

$$D = 0,65 \cdot \sqrt{1 + 0} + 0,75 \cdot 0,20 = 0,8 \text{ m}$$

Donde:

- D : Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento ($K=0,65$)
- K' : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea $K'=0,85$ para líneas de categoría especial y $K'=0,75$ para el resto de líneas.
- F : Flecha máxima en metros (Consideramos 1m)
- L : Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.



- D_{pp} : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido ($D_{pp}=0,20$).

El cálculo se ha realizado para un ángulo de oscilación máximo de 65° , para líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV.

- **Distancia a masa.**

Las dimensiones de los apoyos y armados utilizados aseguran que aún en los casos más desfavorables, la distancia entre conductor y masa se mantiene en cualquier caso por encima de la mínima que se establece en el R.L.A.T. Para líneas de 15 kV tensión nominal es de $D_{el}=0,16$ m, pero la distancia mínima será de 0,20 metros.

6.2.3.- CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

Los apoyos estarán sometidos a esfuerzos horizontales, longitudinales, verticales y de torsión que dependen de su situación y función en la línea y de la tensión mecánica transmitida por los conductores en las diferentes hipótesis de cálculo, de acuerdo con lo definido en la ITC-LA-07, tabla 5 y tabla 6, del R.L.A.T.

Como la ejecución de la línea se realizará con un vano destensado, no se ha considerado necesario la realización del cálculo mecánico de los apoyos.

6.2.4.- CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

El cálculo de cimentaciones de los apoyos se realizará teniendo en cuenta todo lo que al respecto se especifica en el R.L.A.T.

El momento de fallo a vuelco del apoyo es:



$$M_{vuelco} = F \cdot \left(H + \frac{2}{3} \cdot h \right) (m \cdot kg)$$

y el momento resistente al vuelco o estabilizador será:

$$M_{estabilizador} = \frac{M_1 + M_2}{S}$$

Donde:

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot h^4$$

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot h + 0,4 \cdot P \cdot a$$

Debiéndose cumplir que:

$$M_{vuelco} < M_{estabilizador}$$

Siendo:

- M_1 : Momento estabilizador debido a bloque de hormigón.
- M_2 : Momento estabilizador debido al peso del bloque de hormigón y el apoyo con el equipo.
- a : Anchura de la base del dado de hormigón.
- h : Altura cimentación.
- H : Altura del poste.
- S : Coeficiente de seguridad (1,5).
- P : Peso del conjunto (mazizo+apoyo+aparmentas).
- K : Coeficiente de compresibilidad del terreno (Kg/cm^3).

Al ser la ejecución de la línea mediante un vano destensado, la cimentación se realizará de acuerdo con las indicaciones del fabricante para el apoyo seleccionado y un coeficiente de compresibilidad de 12 Kg/cm^3 .

Las dimensiones de la cimentación para un apoyo de celosía C-2000 de 12 metros de altura fijadas por el fabricante son las siguientes:

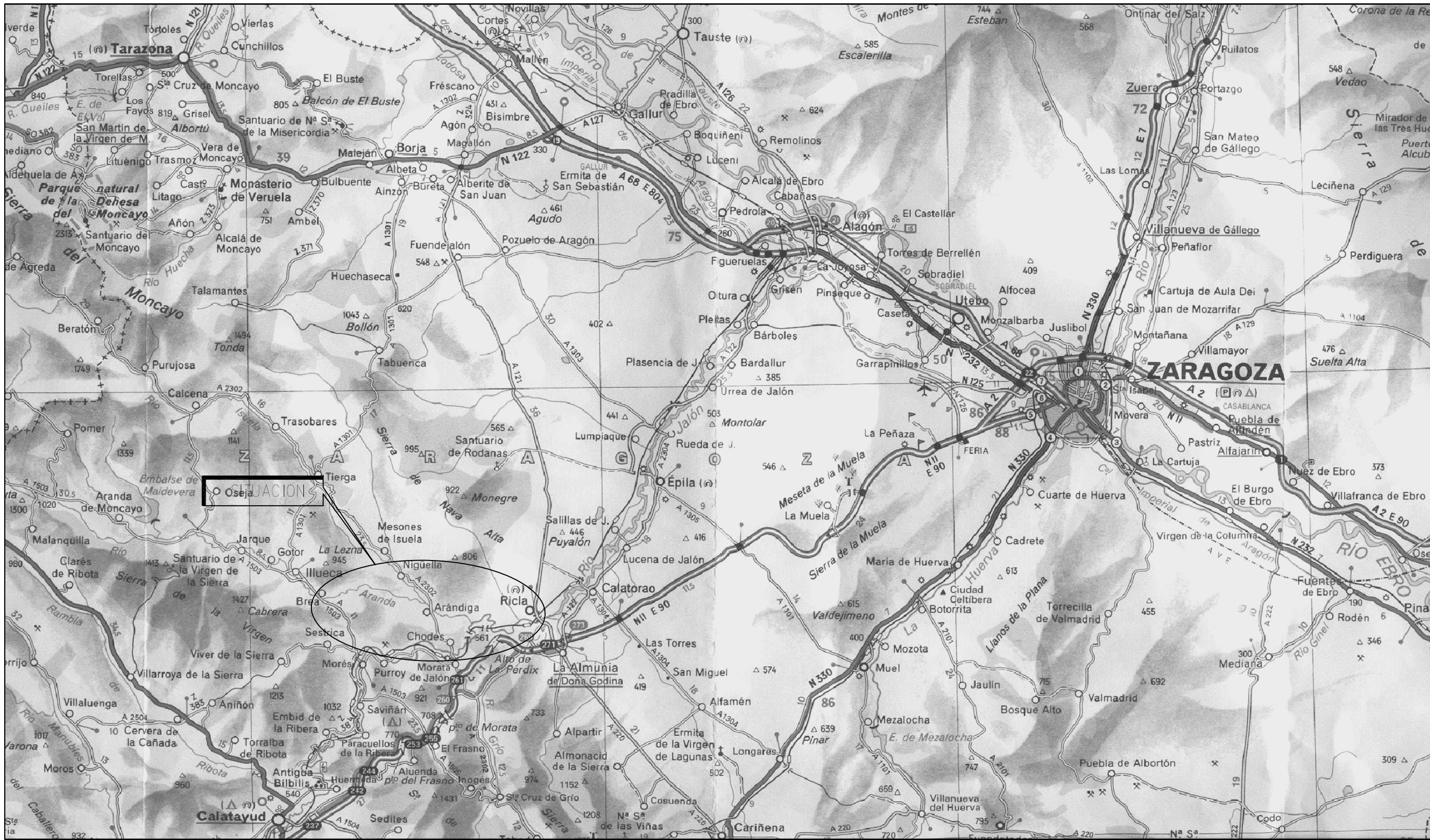
- Profundidad = 2'03 metros
- Anchura = 0'95 metros
- Volumen de hormigón = 1'83 m³



| | | C-2000 | | |
|----|---|--------|------|------|
| | | K8 | K12 | K16 |
| 12 | a | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| | h | 2,26 | 2,03 | 1,95 |
| | v | 2,04 | 1,83 | 1,76 |

Tabla n°22: Dimensiones cimentación apoyo

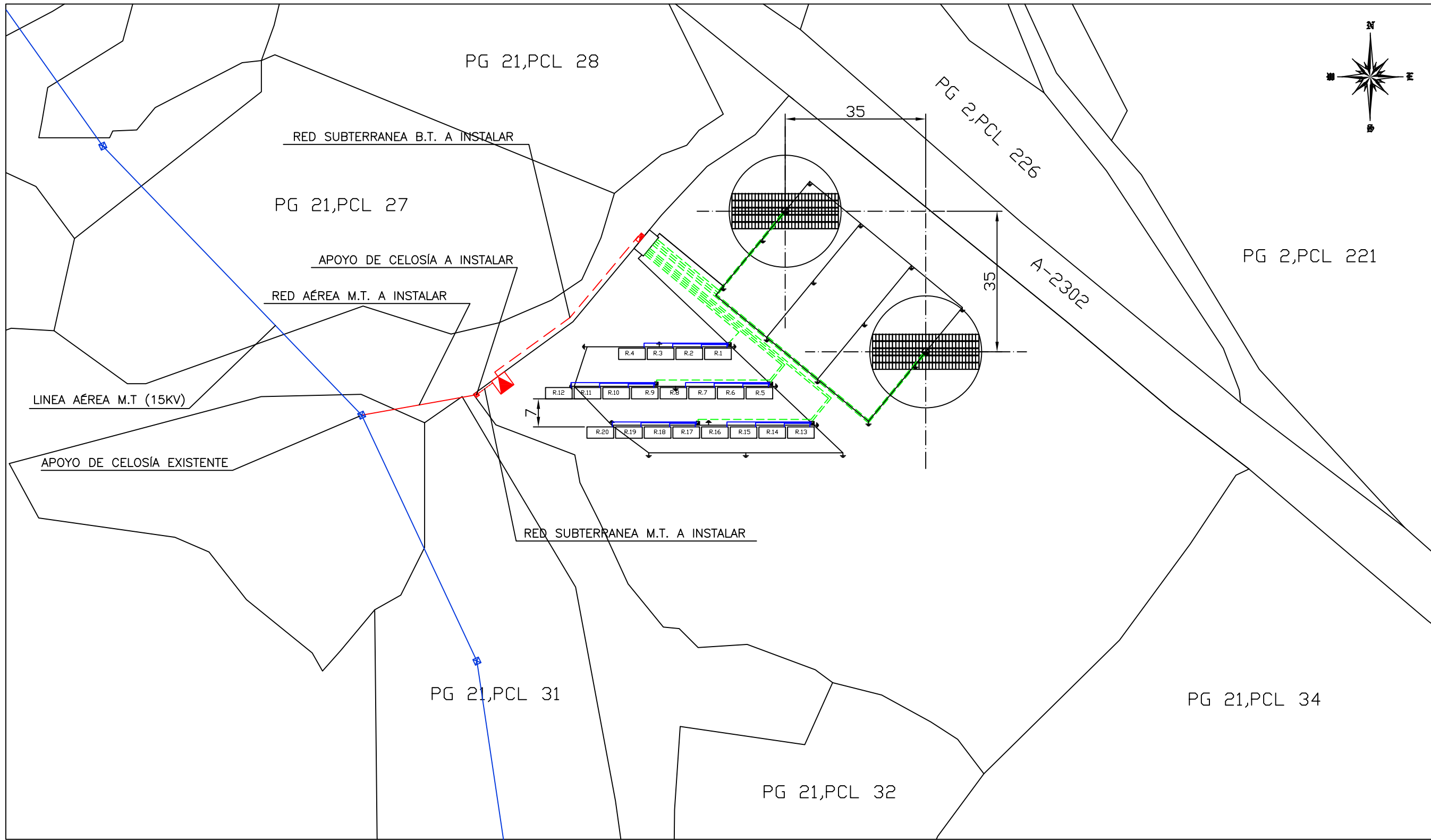
ANEXO II: ESQUEMAS



| | | | |
|------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA SITUACIÓN | | Plano N° |
| S/E | | | E.01 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |



| | | | |
|------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA EMPLAZAMIENTO | | Plano N° |
| 1/5.000 | | | E.02 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |



- LINEA AÉREA M.T. EXISTENTE (15KV)

—

RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN

▲

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN A INSTALAR

⊠

APOYO DE CELOSÍA A INSTALAR

⊠

APOYO DE CELOSÍA EXISTENTE

- - -

RED SUBTERRÁNEA DE M.T.
- CUADRO DE GRUPO SUB-GENERADOR

▲

CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

—

CONDUCTOR DE TIERRA 35mm2 Cu

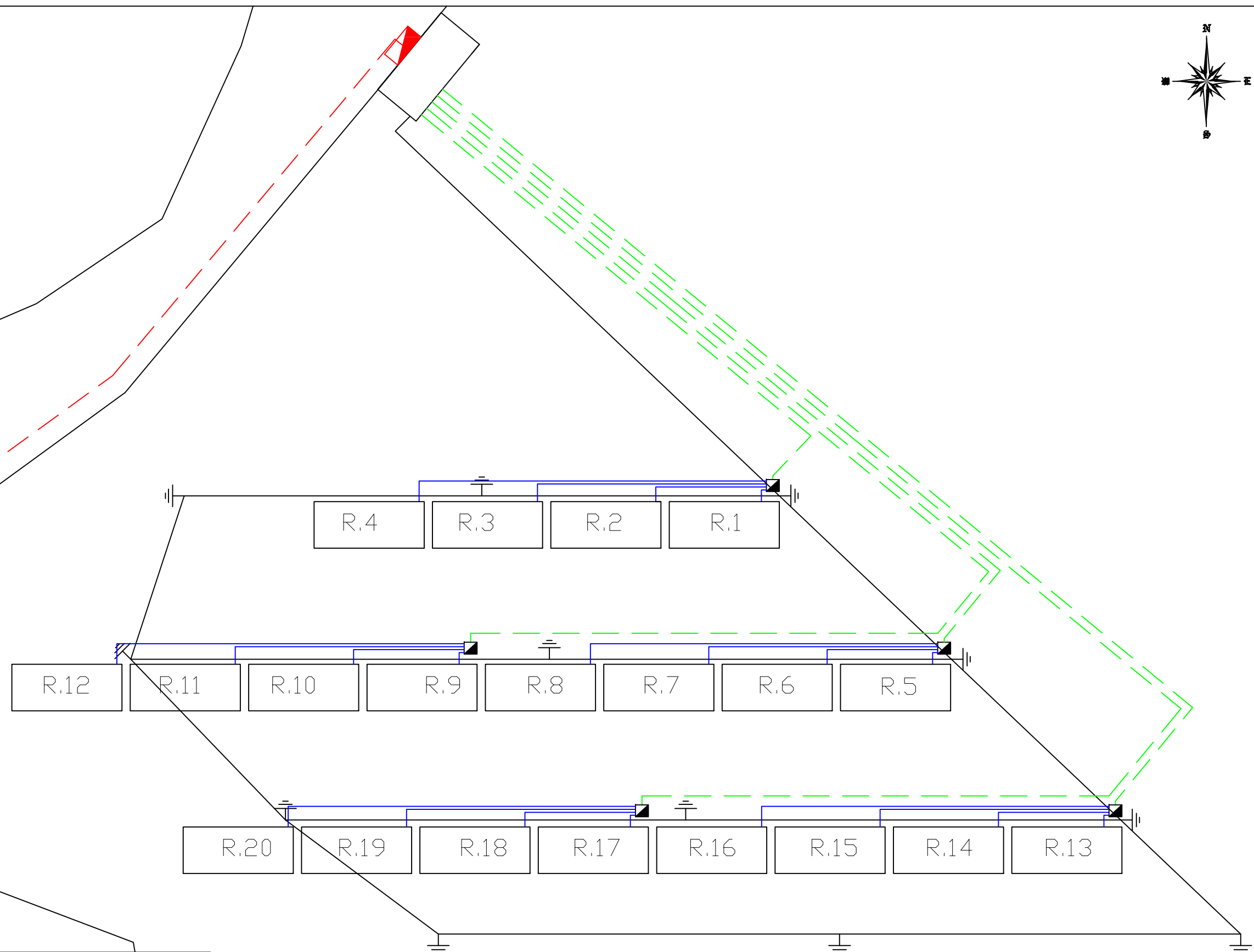
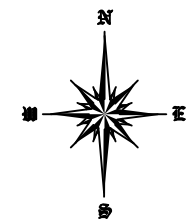
⊥

PICA DE COBRE 2m

—

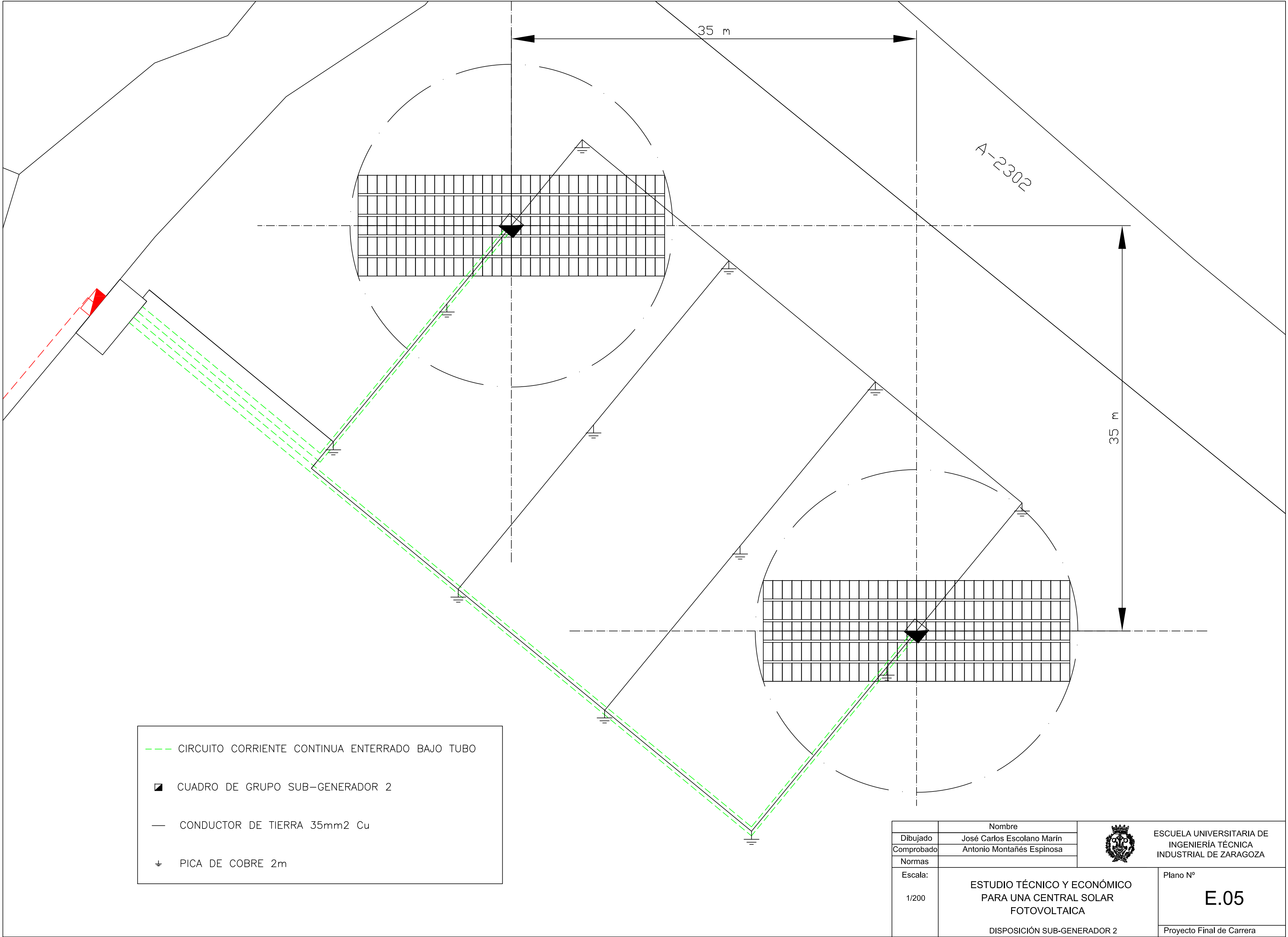
RED AÉREA DE M.T. A INSTALAR

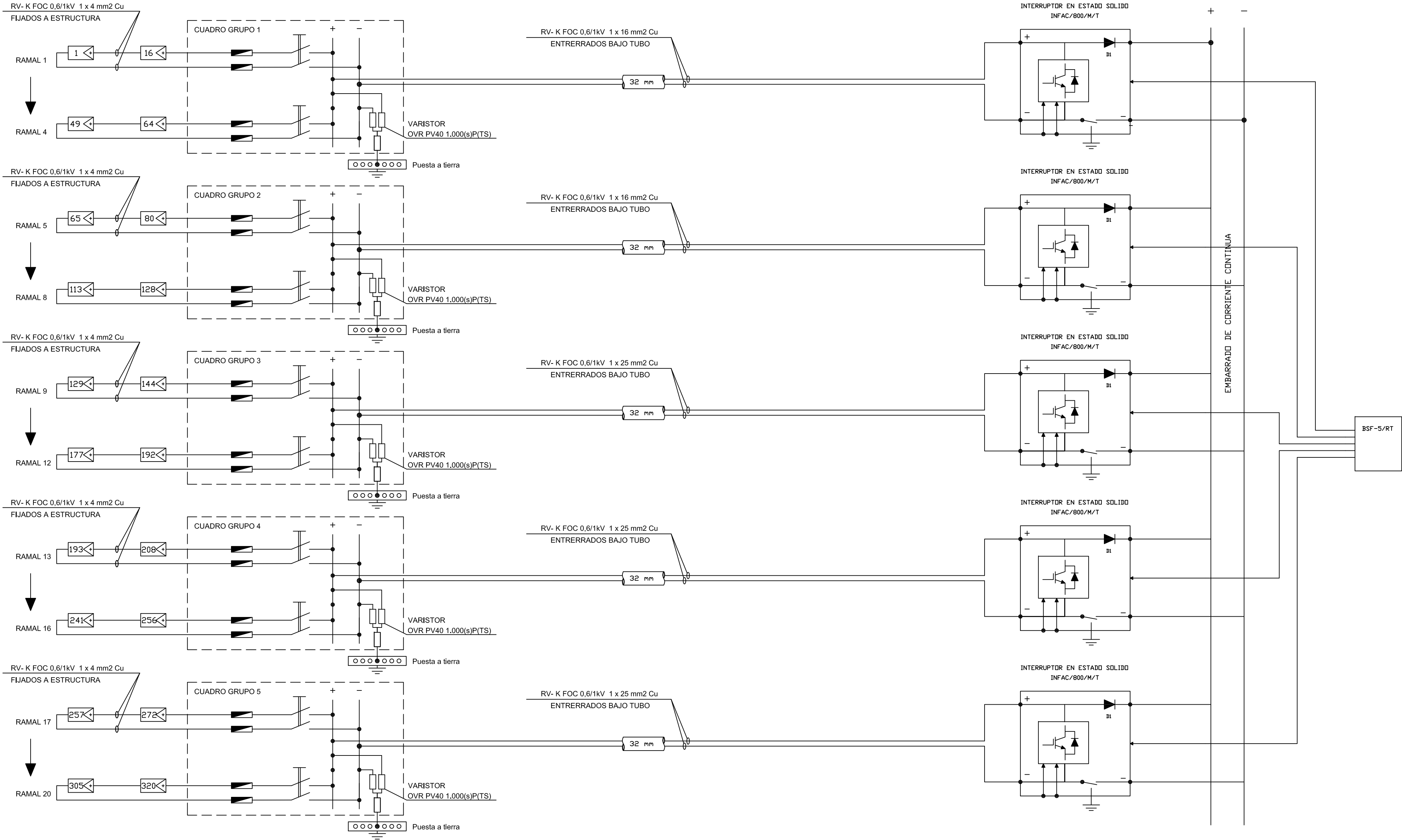
| | | | |
|------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA DISPOSICIÓN GENERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO | | Plano N° |
| 1/1.000 | | | E.03 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |





- CIRCUITO CORRIENTE CONTINUA ENTERRADO BAJO TUBO
- CIRCUITO C.C. FIJADO A ESTRUCTURA SOPORTE
- CUADRO DE GRUPO SUB-GENERADOR 1
- CONDUCTOR DE TIERRA 35mm² Cu
- PICA DE COBRE 2m

| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA DISPOSICIÓN SUB-GENERADOR 1 | | Plano N° |
| 1/250 | | | E.04 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

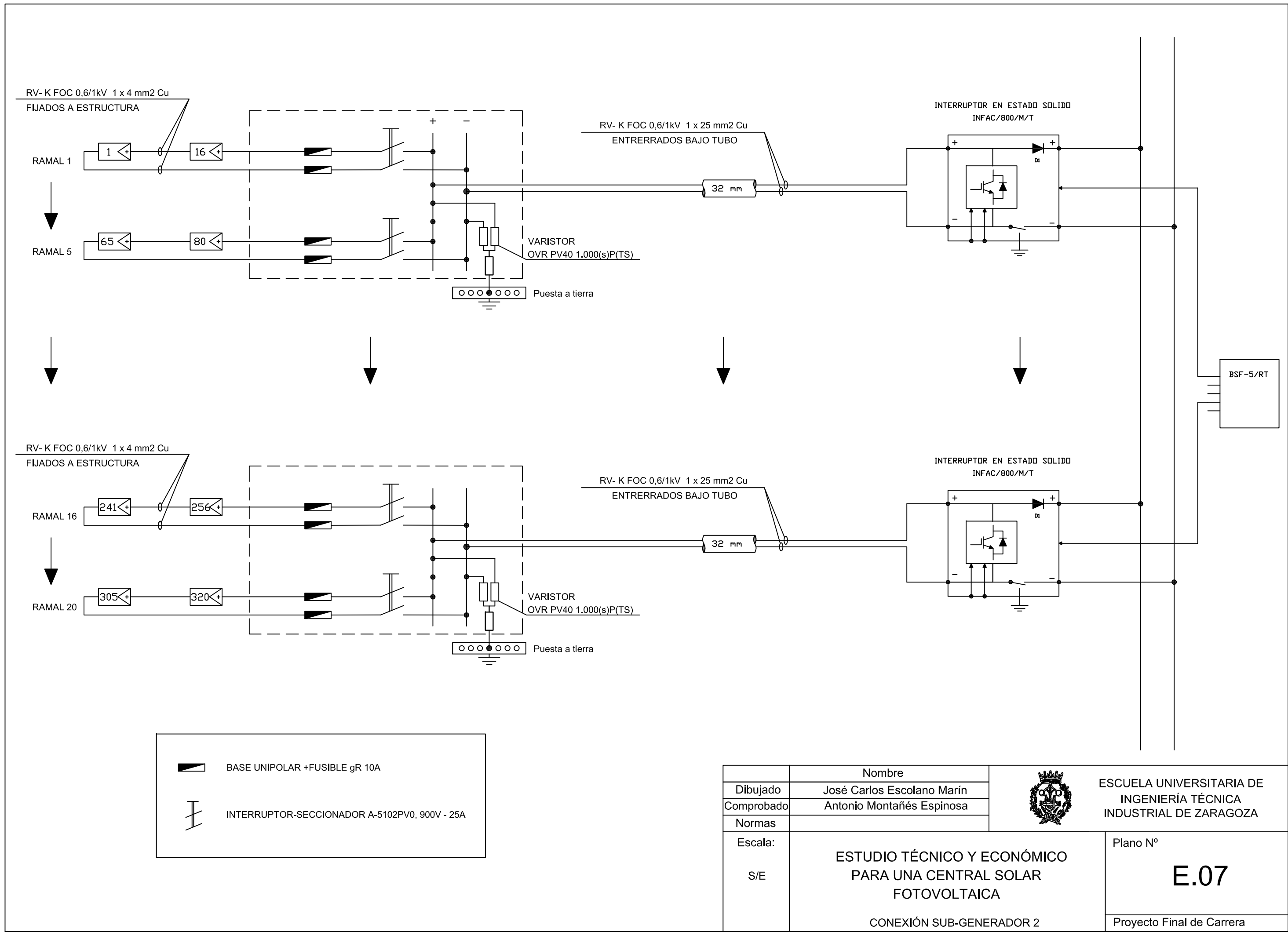


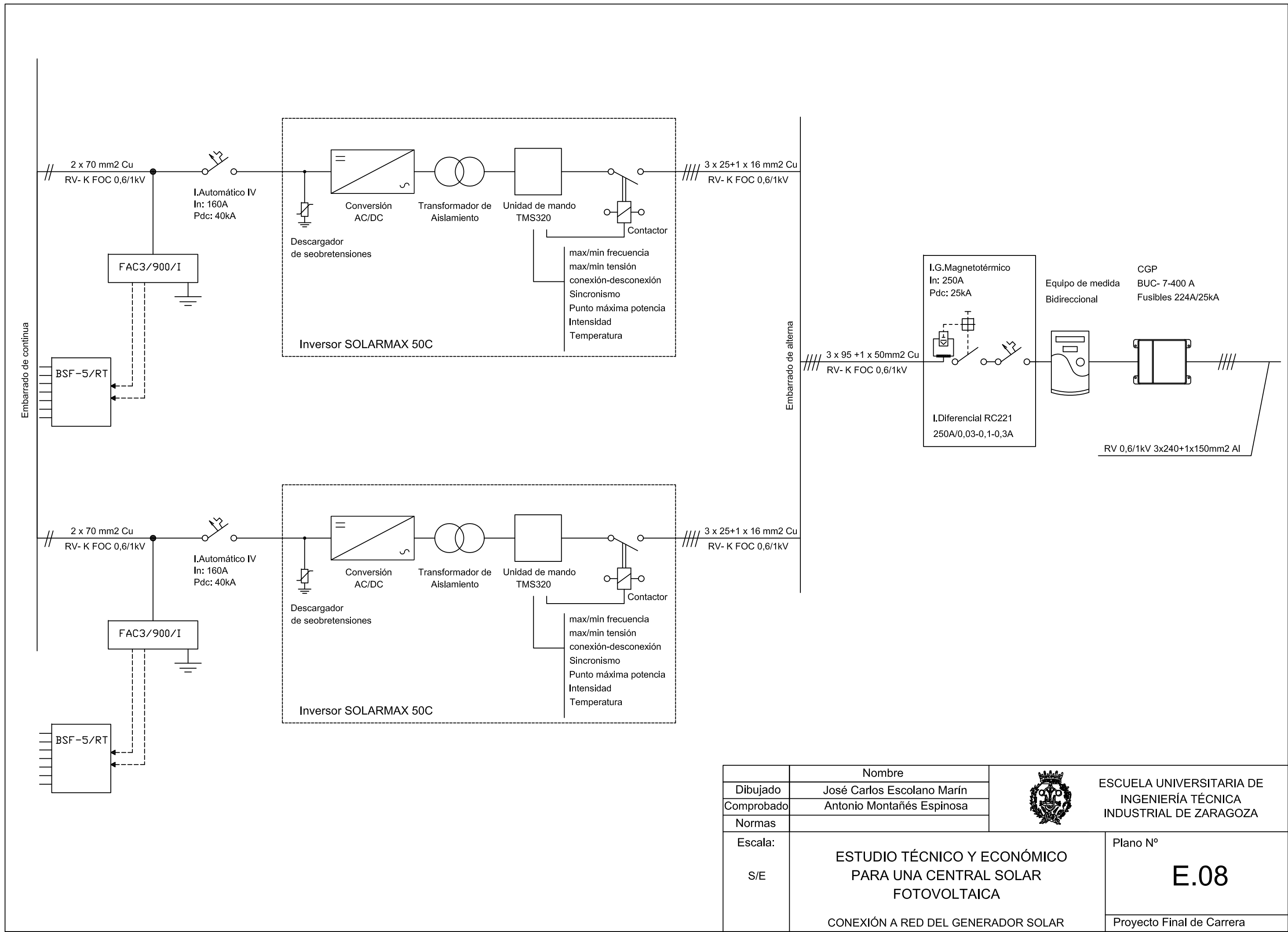


 BASE UNIPOLAR + FUSIBLE gR 10A

 INTERRUPTOR-SECCIONADOR A-5102PV0, 900V - 25A

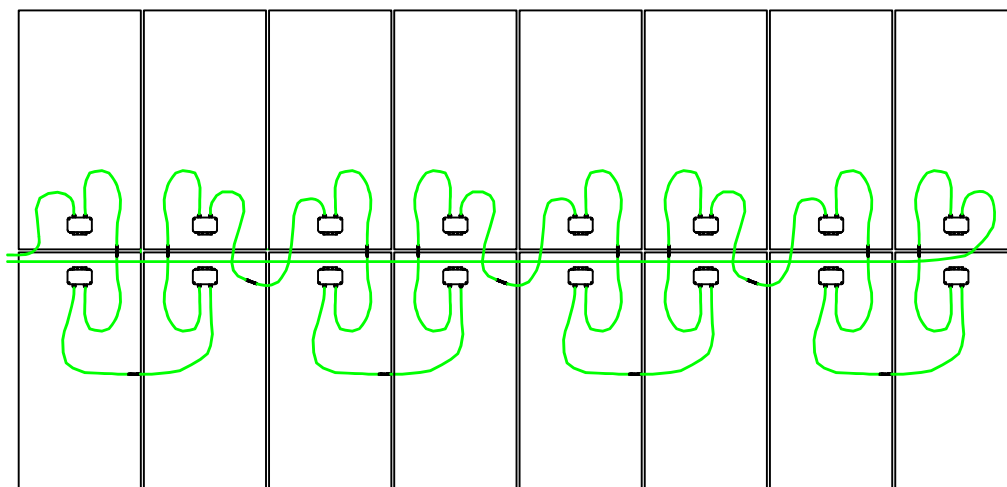
| | | | |
|--------------------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA | | Plano Nº |
| S/E | | | E.06 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |
| CONEXIÓN SUB-GENERADOR 1 | | | |





| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONEXIÓN A RED DEL GENERADOR SOLAR | | Plano N° |
| S/E | | | E.08 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

A CUADRO DE GRUPO



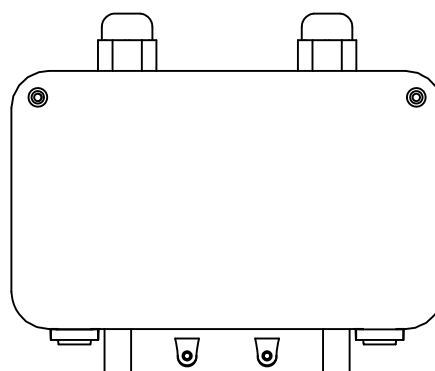
1/20



CONECTOR MACHO
MULTICONTACT MC3

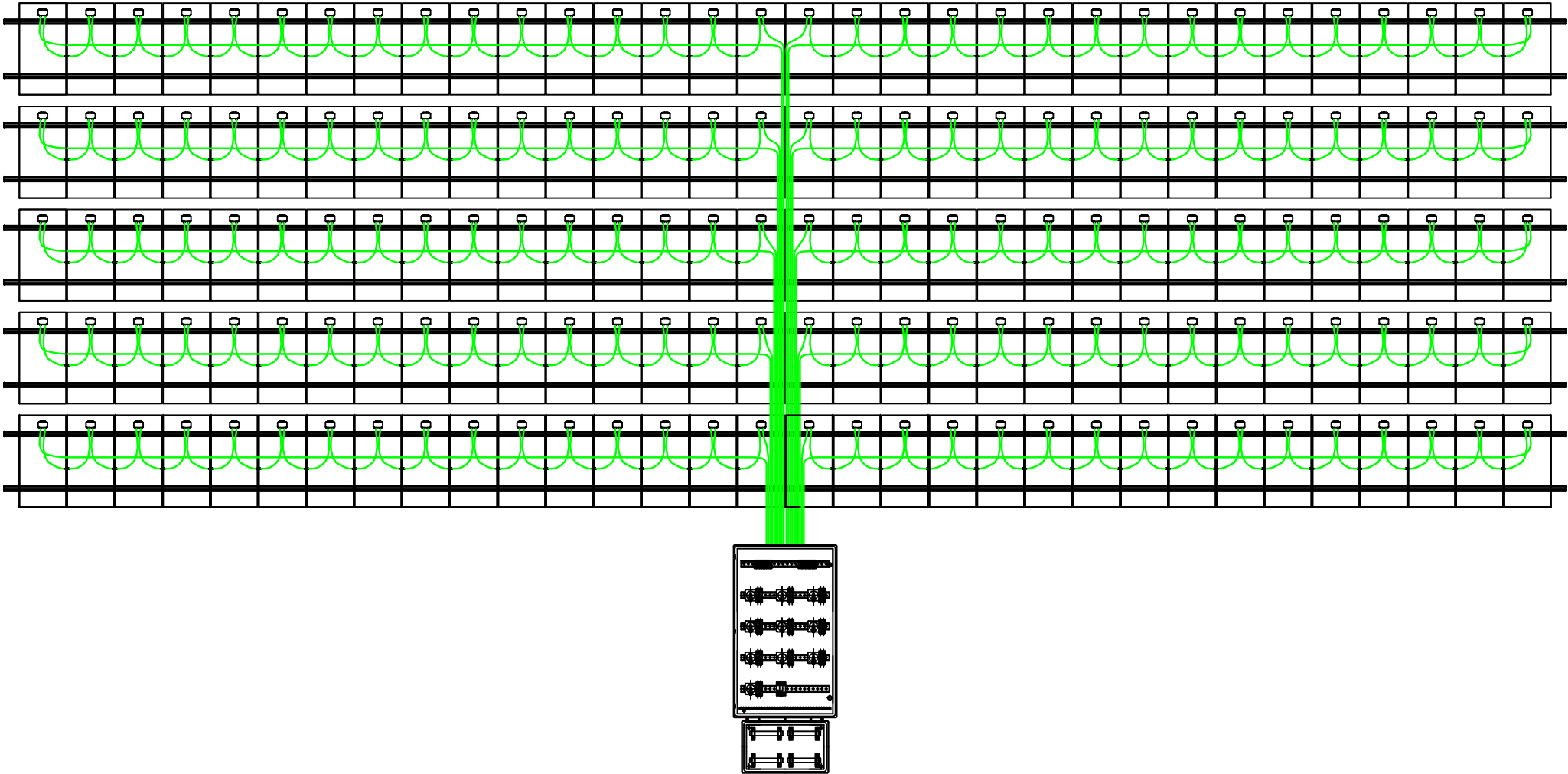


CONECTOR HEMBRA
MULTICONTACT MC3



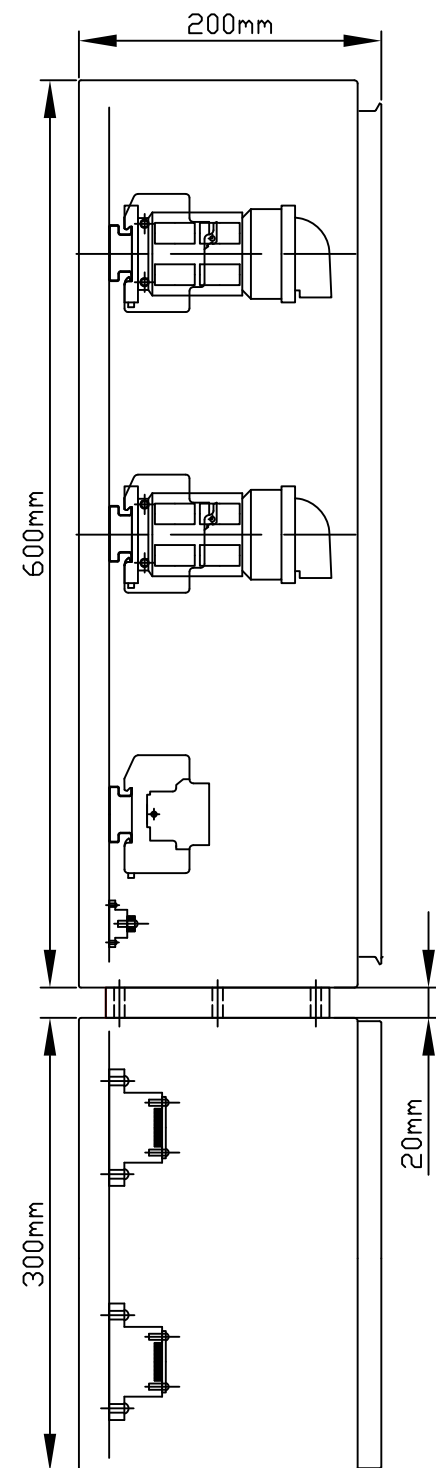
CAJA DE CONEXIONES MODULO

| | | | |
|--------------------|--|--|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: S/E | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONEXIONADO MÓDULOS SUB-GENERADOR 1 | | Plano N° E.09 Proyecto Final de Carrera |



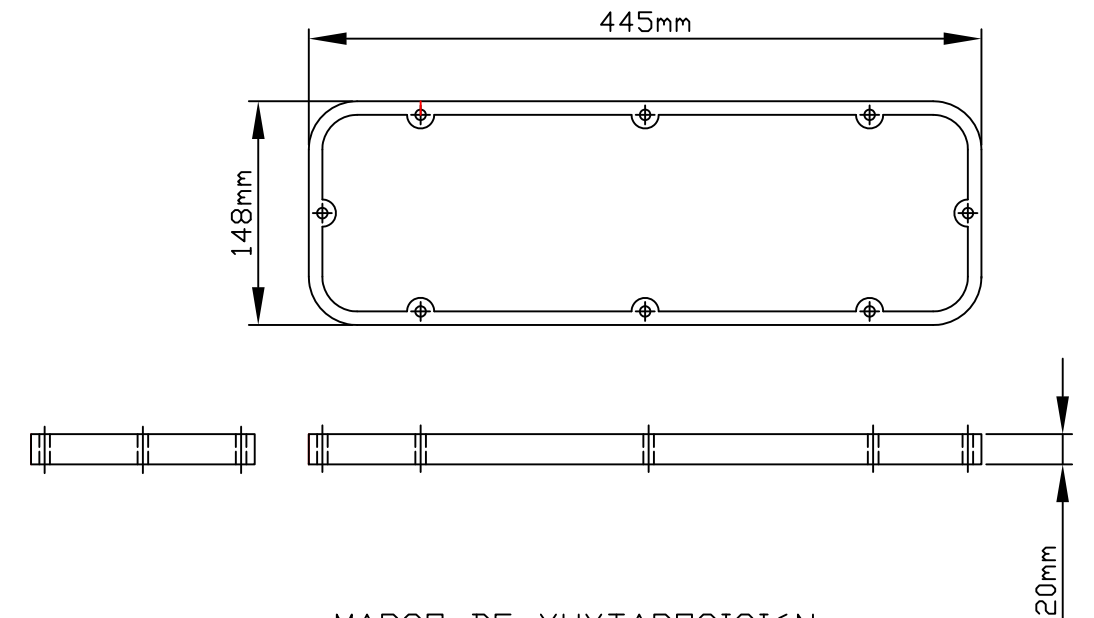
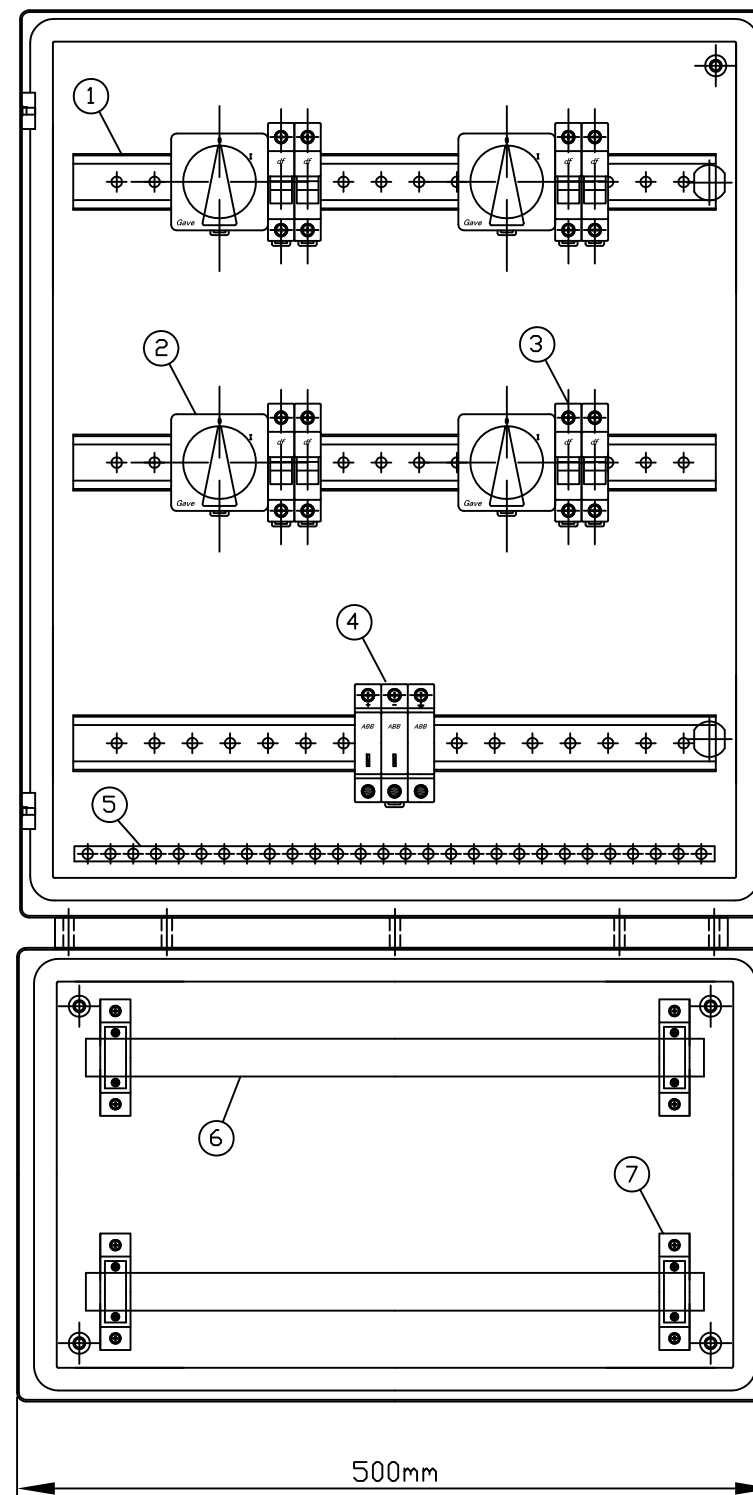
CUADRO DE GRUPO

| | | | |
|------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONEXIONADO MODULOS SUB-GENERADOR 2 | | Plano N° |
| S/E | | | E.10 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |



CRN-65/200

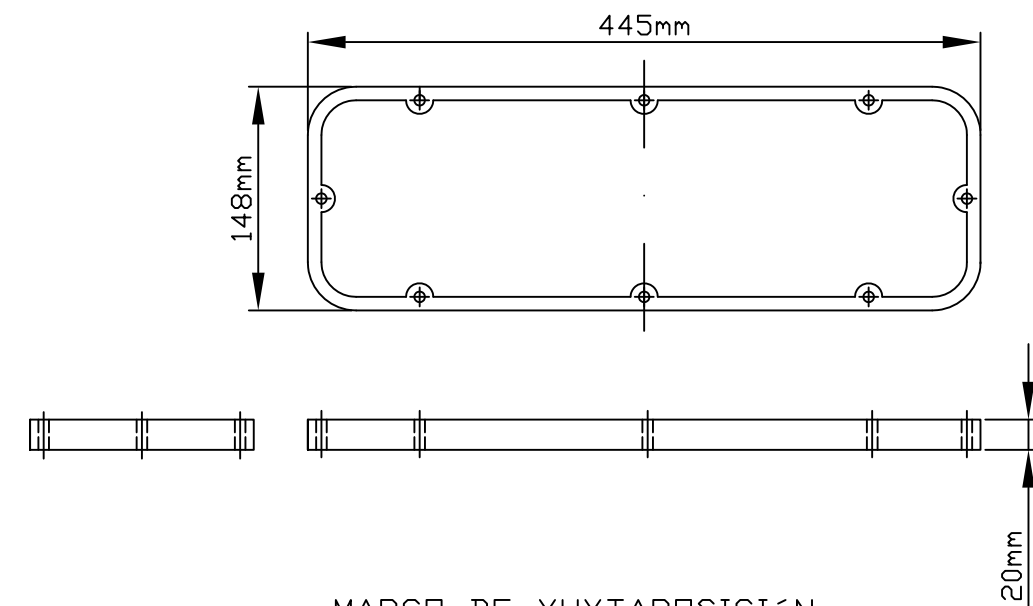
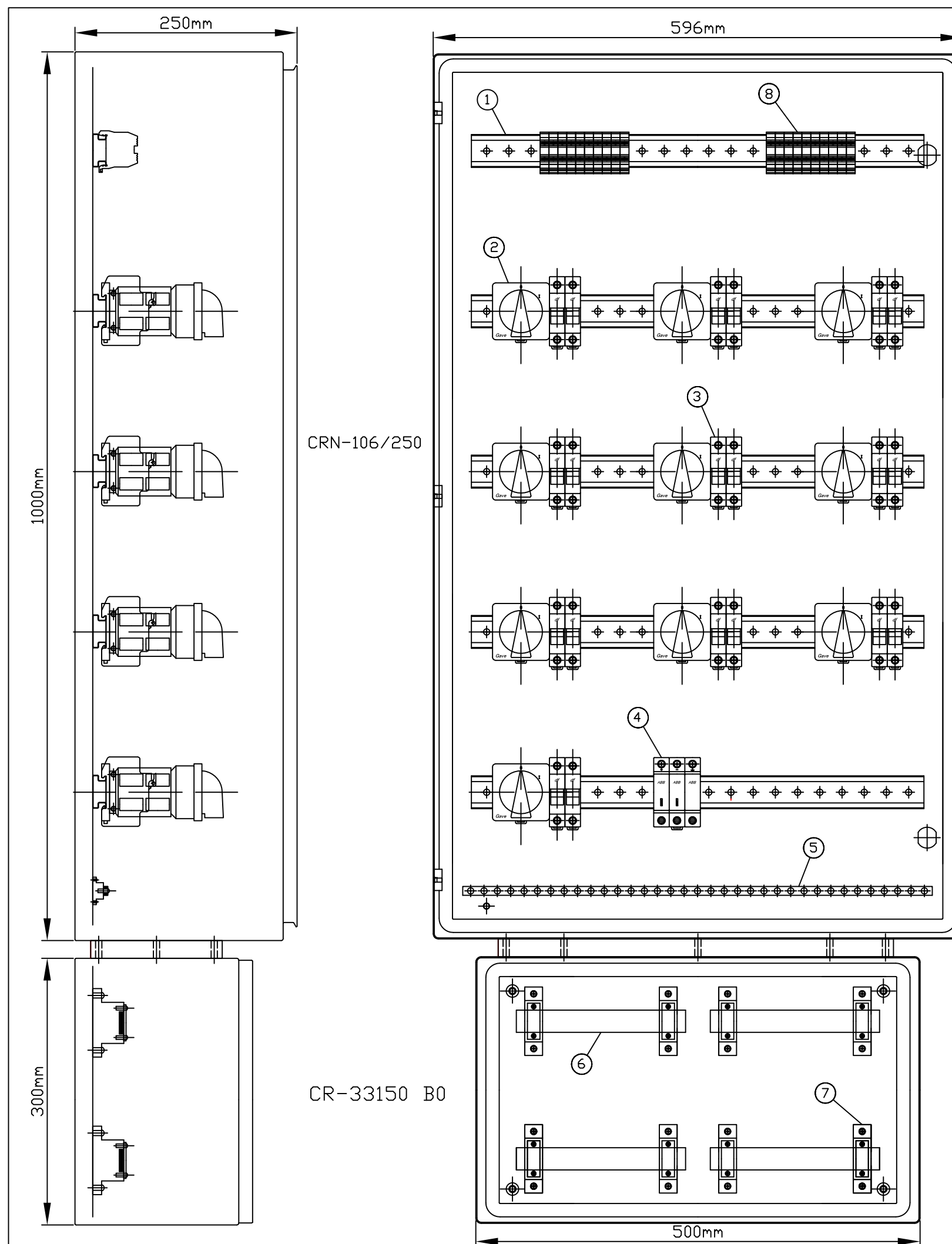
CR-33150 B0



MARCO DE YUXTAPOSICIÓN

- ① Carril de Instalación DIN
- ② Interruptor-Seccionador de ramal.
- ③ Base portafusible + Fusible gR-10A.
- ④ Baristor
- ⑤ Regleta puesta a tierra
- ⑥ Pletina de cobre (Embarrado)
- ⑦ Aislante de embarrado

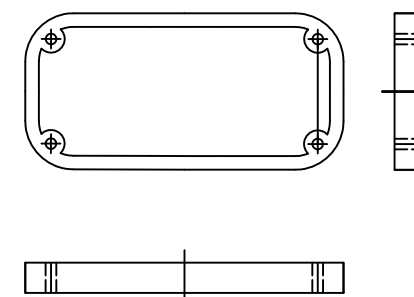
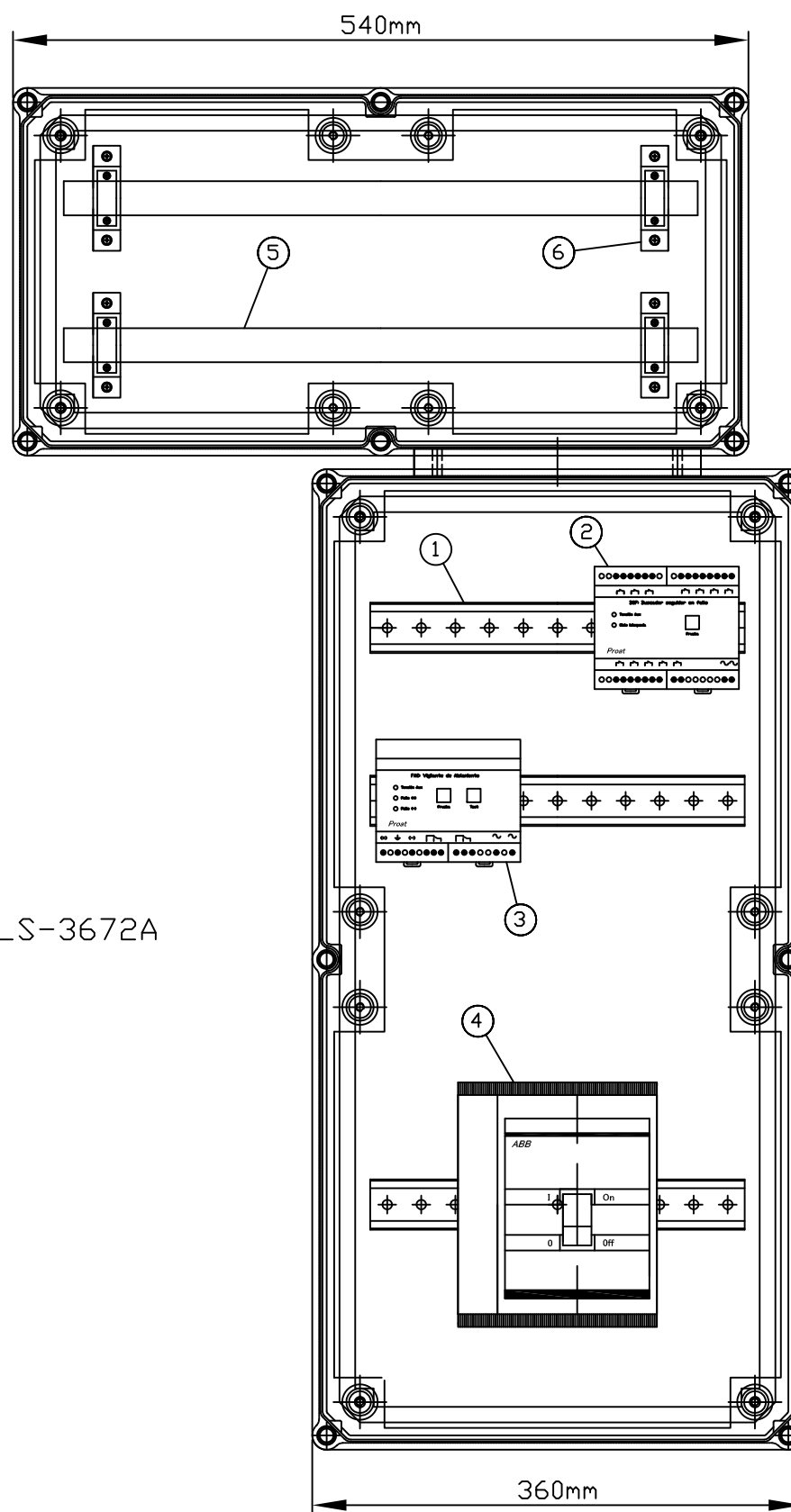
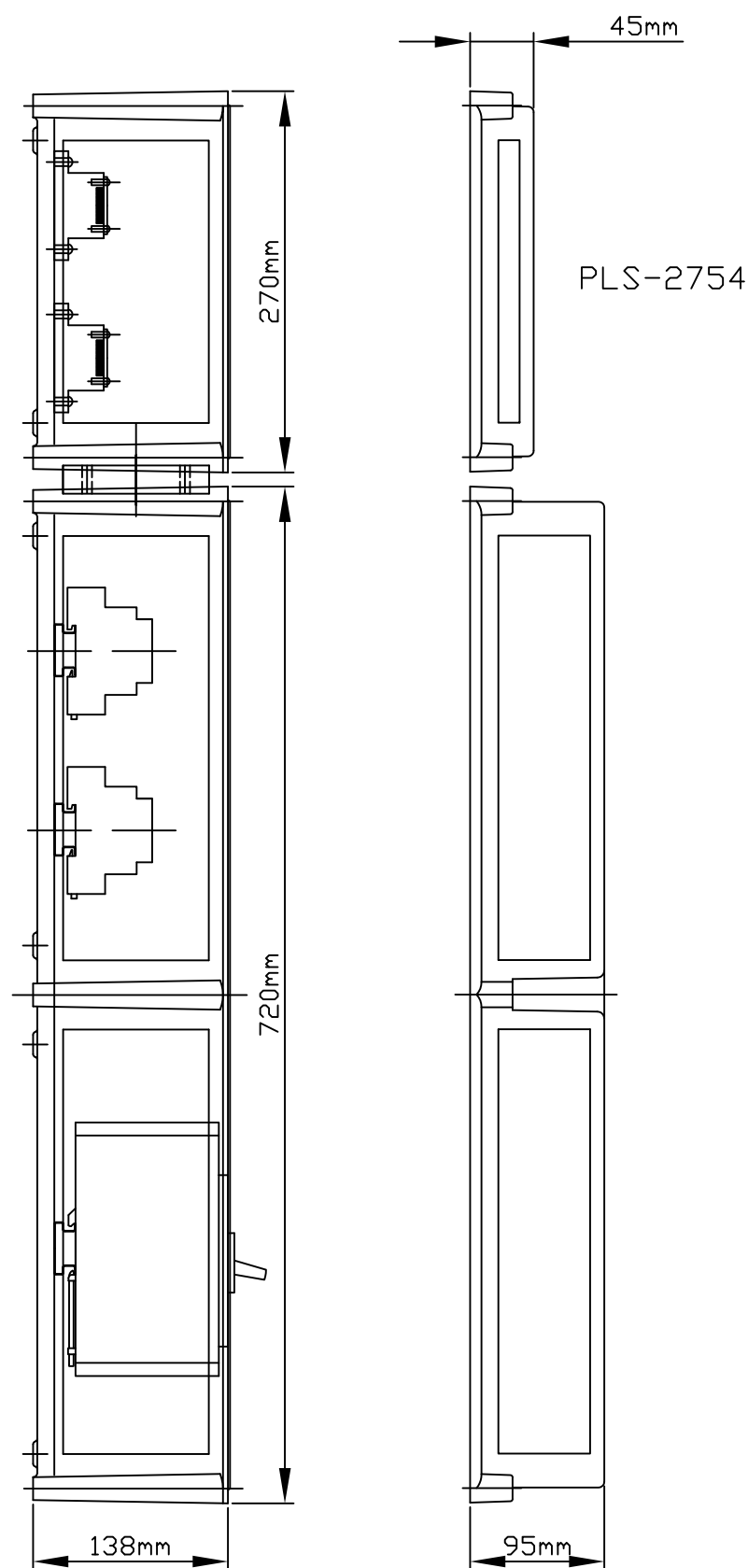
| | | | |
|------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CUADRO DE GRUPO SUB-GENERADOR 1 | | Plano N° |
| 1/20 | | | E.11 Proyecto Final de Carrera |



MARCO DE YUXTAPOSICIÓN

- ① Carril de Instalación DIN
- ② Interruptor-Seccionador de ramal.
- ③ Base portafusible+Fusible gR-10A.
- ④ Baristor
- ⑤ Regleta puesta a tierra
- ⑥ Pletina de cobre (Embarrado)
- ⑦ Aislante de embarrado
- ⑧ Bornas de conexión

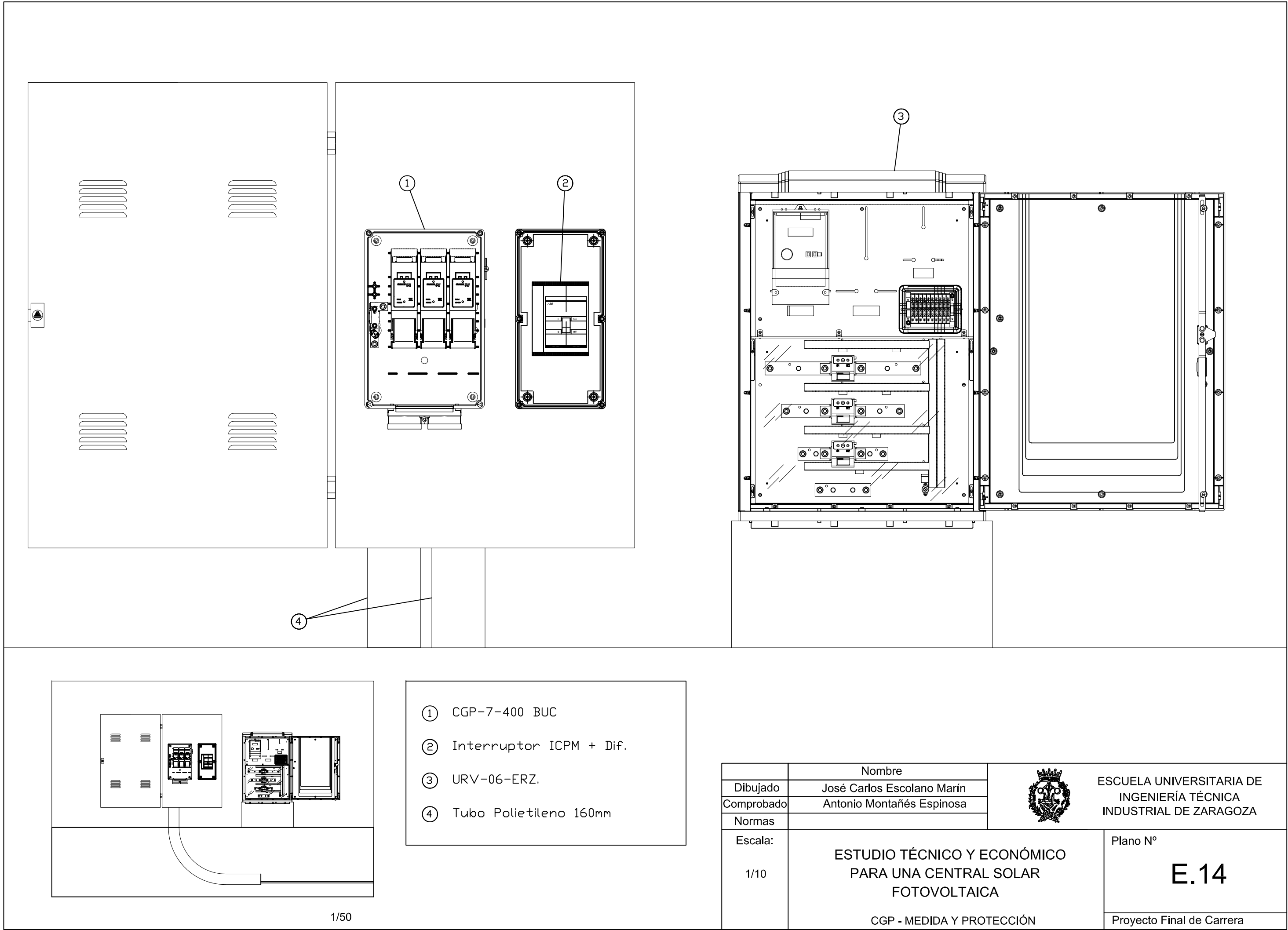
| | | | |
|---------------------|--|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: 1/20 | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CUADRO DE GRUPO SUB-GENERADOR 2 | | Plano N° E.12 Proyecto Final de Carrera |



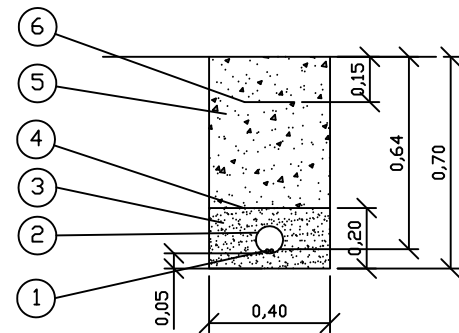
MARCO DE YUXTAPOSICIÓN

- ① Carril de Instalación DIN
- ② Buscador de seguidor en fallo
- ③ Vigilante de Aislamiento
- ④ Interrupor automático Isomax S3
- ⑤ Pletina de cobre (Embarrado)
- ⑥ Aislador de embarrado

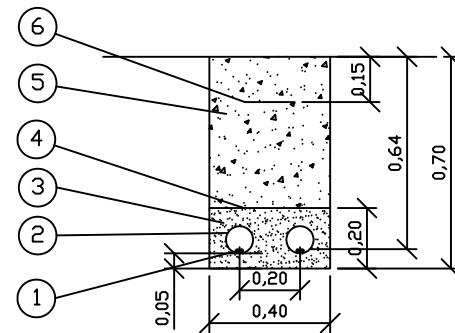
| | | | |
|------------|---|--|---------------------------|
| | Nombre |  ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA | |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA | | Plano N° |
| 1/20 | | | E.13 |
| | CUADRO GENERAL SUB-GENERADORES LADO DC | | Proyecto Final de Carrera |



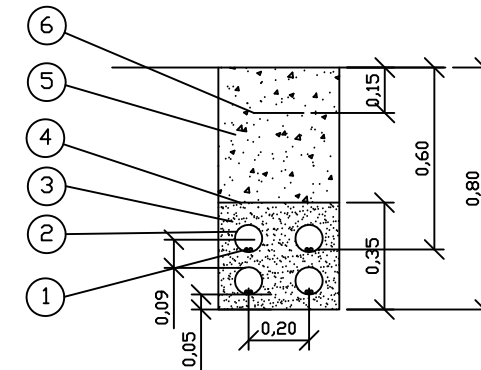
①
ZANJA PARA UN CIRCUITO BAJA TENSION
EN ZONA DE TIERRA
(BAJO TUBO)



②
ZANJA PARA DOS CIRCUITO BAJA TENSION
EN ZONA DE TIERRA
(BAJO TUBO)

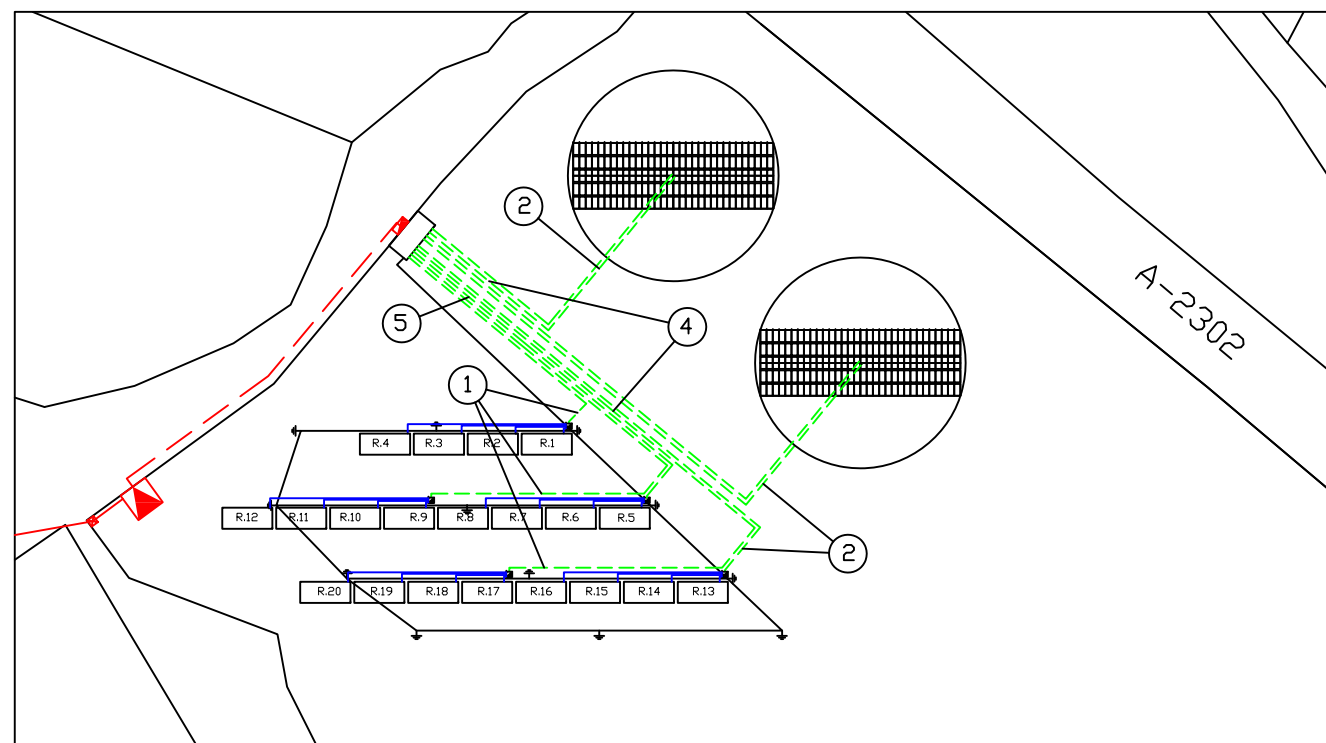
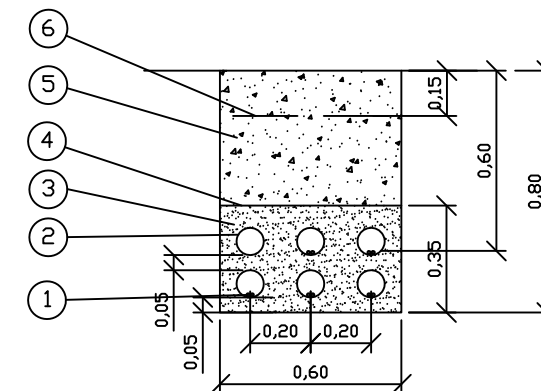


④
ZANJA PARA CUATRO CIRCUITO BAJA TENSION
EN ZONA DE TIERRA
(BAJO TUBO)



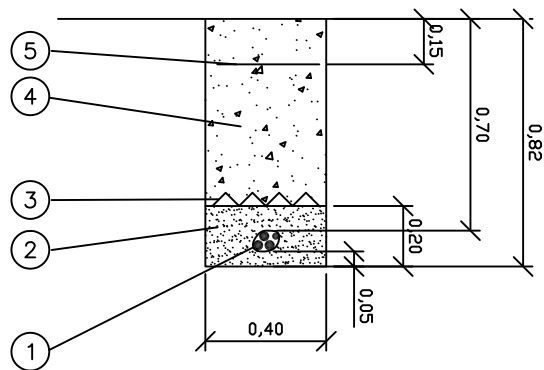
| | |
|-------|-----------------------------------|
| 6 | MALLA DE SEÑALIZACION |
| 5 | ZAHORRA COMPACTADA CADA 15 CM. |
| 4 | PLACA PPC |
| 3 | ARENA TAMIZADA SUELTA Y ASPERA |
| 2 | TUBERIA DE PVC $\varnothing 32mm$ |
| 1 | CABLE BAJA TENSION |
| Marca | Denominacion |

⑤
ZANJA PARA CINCO CIRCUITO BAJA TENSION
EN ZONA DE TIERRA
(BAJO TUBO)



| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ZANJA B.T. CAMPO GENERADOR | | Plano Nº |
| 1/25 | | | E.15 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

ZANJA PARA UN CIRCUITO BAJA TENSION EN ZONA DE TIERRA

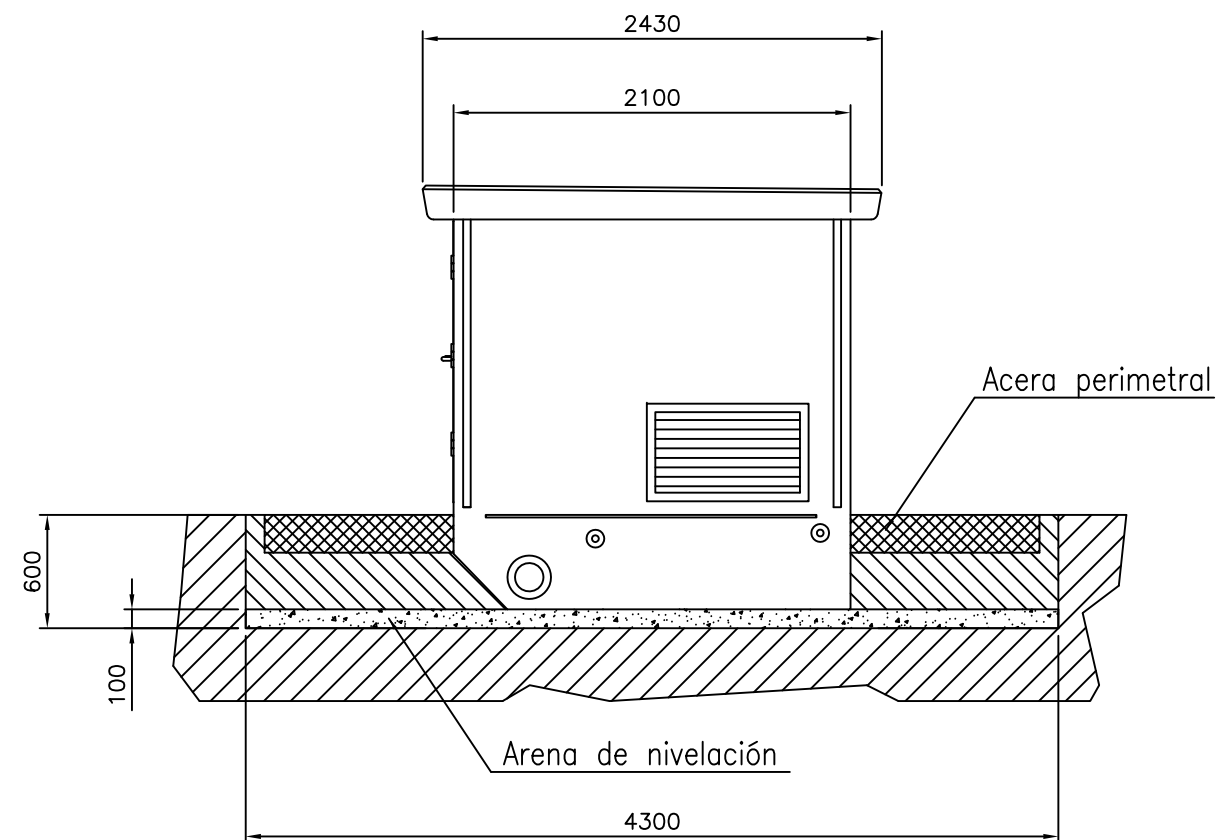
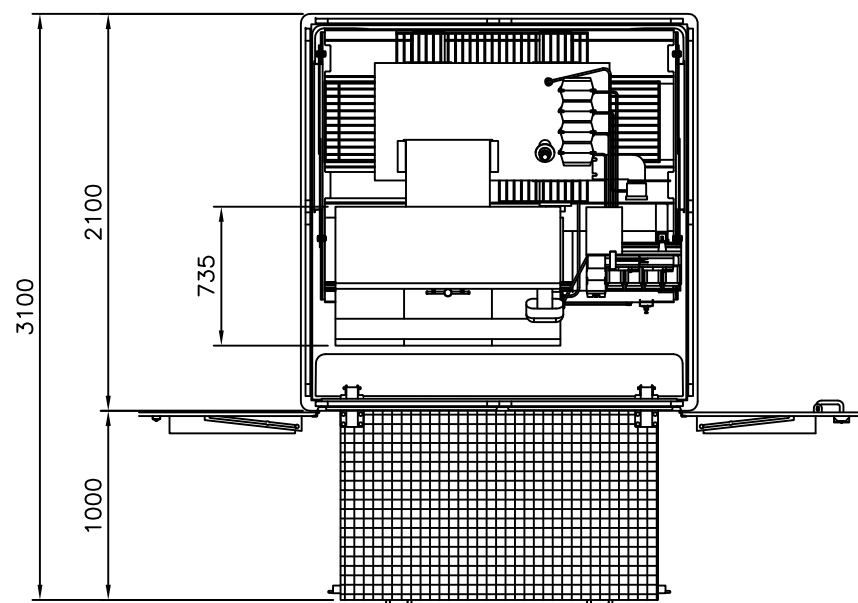
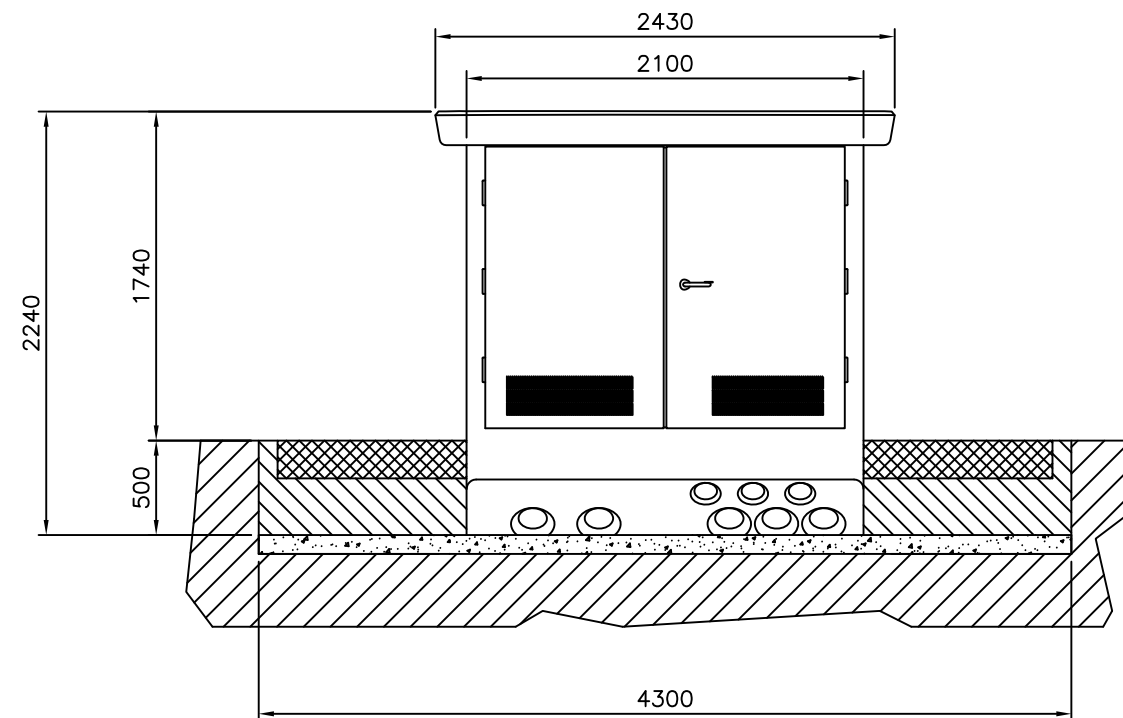
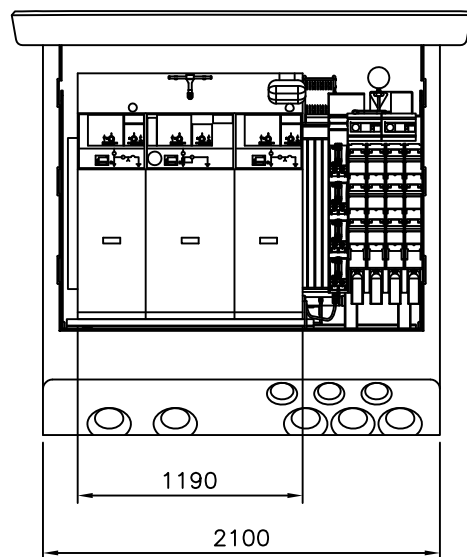
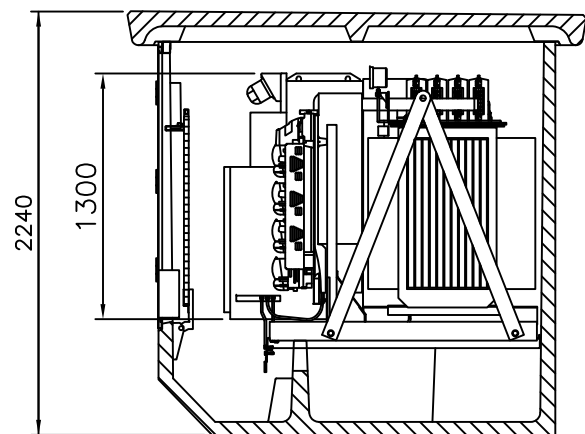


* LA POSICIÓN 2 SE COMPACTARÁ MECÁNICAMENTE POR TONGADAS DE UN ESPESOR MÁXIMO DE 0,30 m PLACA PPC DEBIENDO ALCANZAR UNA DENSIDAD MÍNIMA DEL 98% P.M.

* EN EL CASO DEL TENDIDO DE CABLES UNIPOLARES, SE COLOCARÁ, CADA 1,50 m, UNA SUJECIÓN QUE AGRUPE A LOS TRES CONDUCTORES

| | |
|-------|--------------------------------|
| 5 | MALLA DE SEÑALIZACION |
| 4 | ZAHORRA COMPACTADA CADA 15 CM. |
| 3 | PLACA PPC |
| 2 | ARENA TAMIZADA SUELTA Y ASPERA |
| 1 | CABLE BAJA TENSION |
| Marca | D e n o m i n a c i o n |

| | | | |
|------------|--|--|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ZANJA RED SUBTERRANEA DE BAJA TENSION | | Plano N° |
| S/E | | | E.16 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

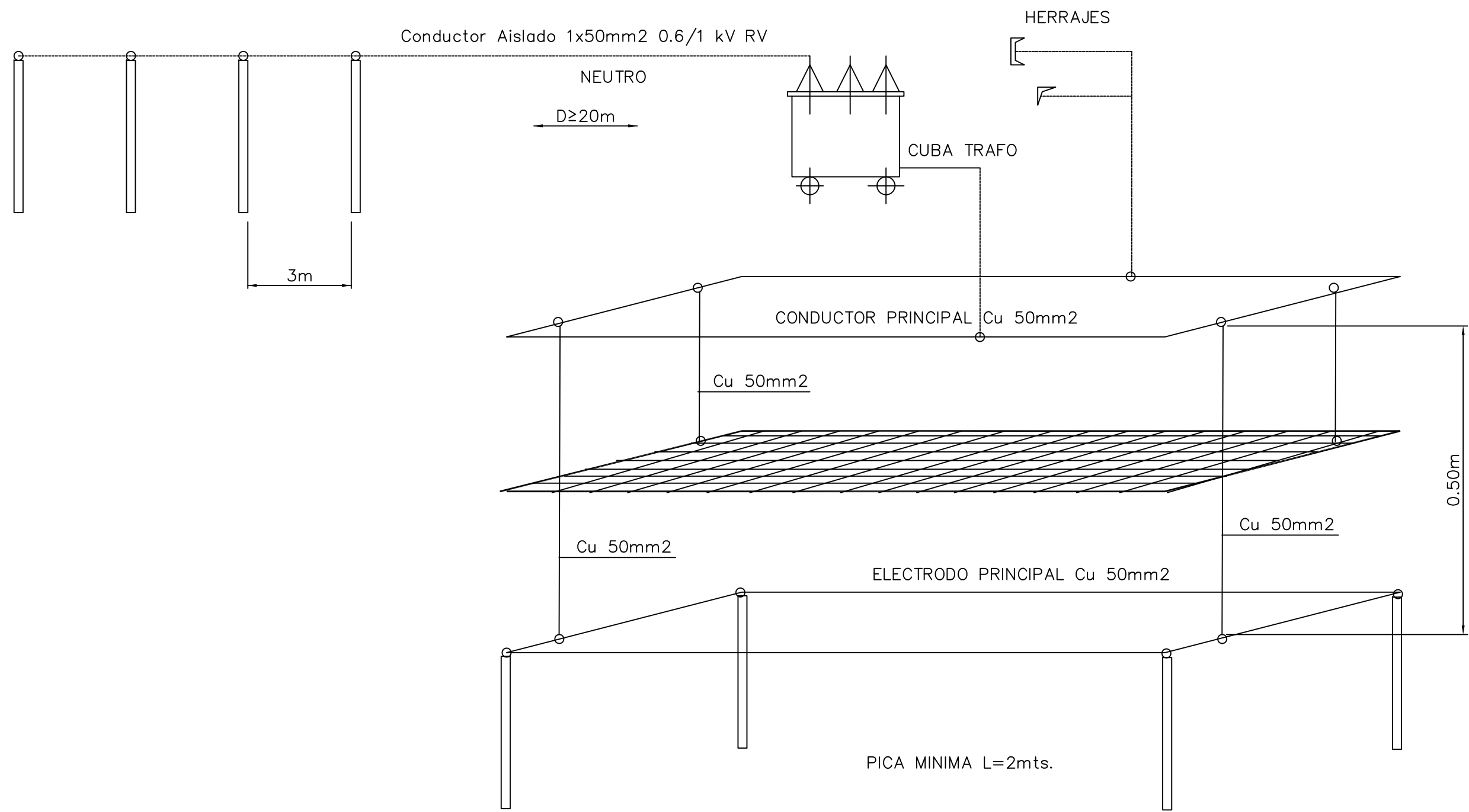


| | | | |
|---------------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: 1/60 | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN | | Plano N° E.17 Proyecto Final de Carrera |

VISION EN PERSPECTIVA DEL CONJUNTO

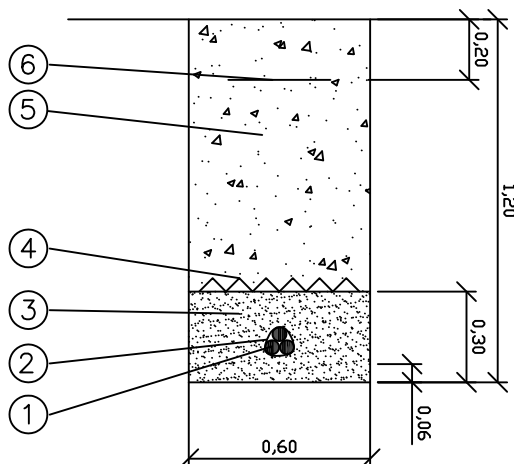
TIERRA DE SERVICIO
CODIGO UNESA DE CONFIGURACION 5/42

TIERRA DE PROTECCIÓN
CODIGO UNESA DE CONFIGURACION 25-25/5/42



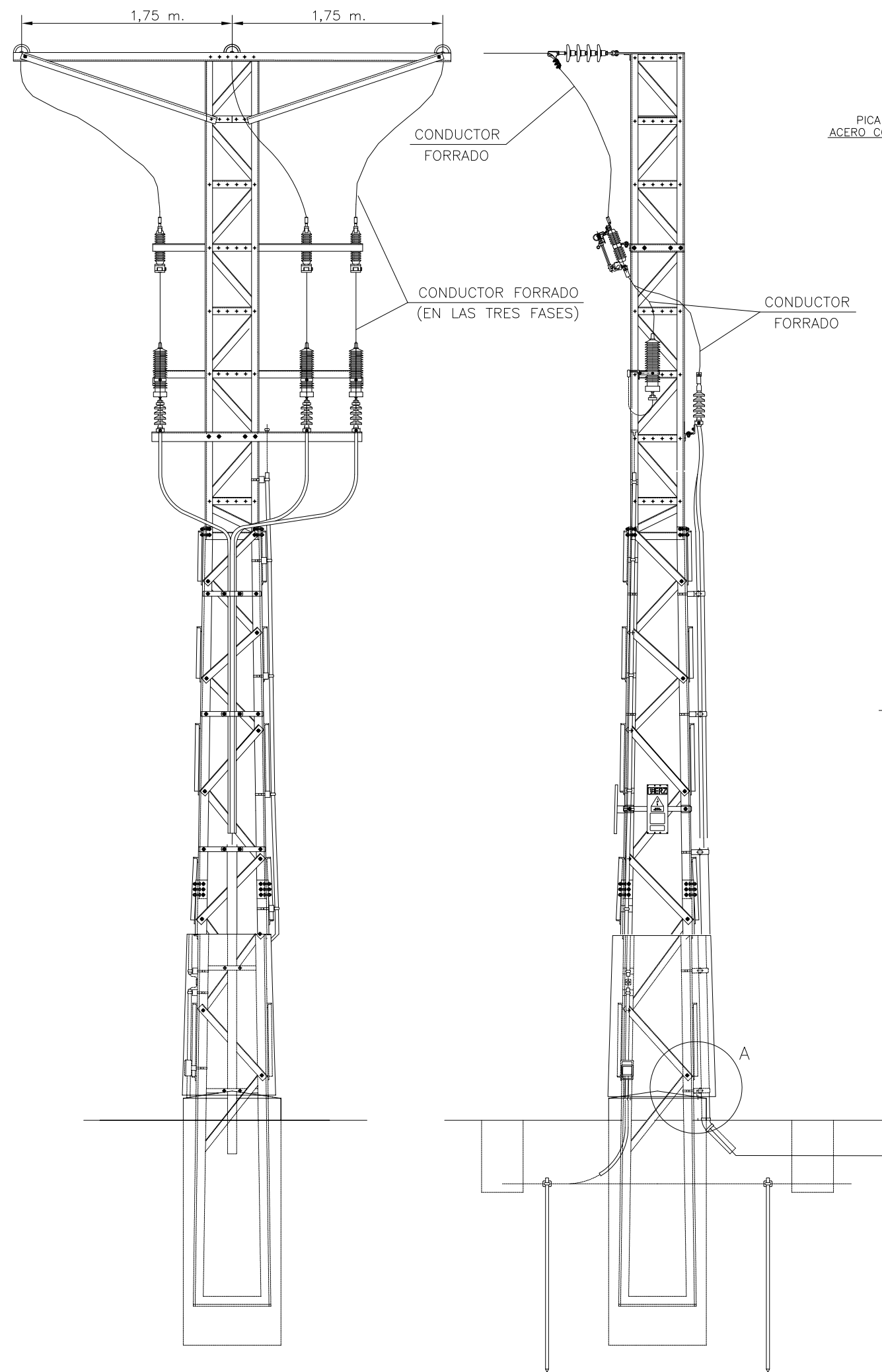
| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA TIERRAS CENTRO DE TRANSFORMACION | | Plano N° |
| S/E | | | E.18 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

ZANJA PARA UN CIRCUITO MEDIA TENSION EN TIERRA

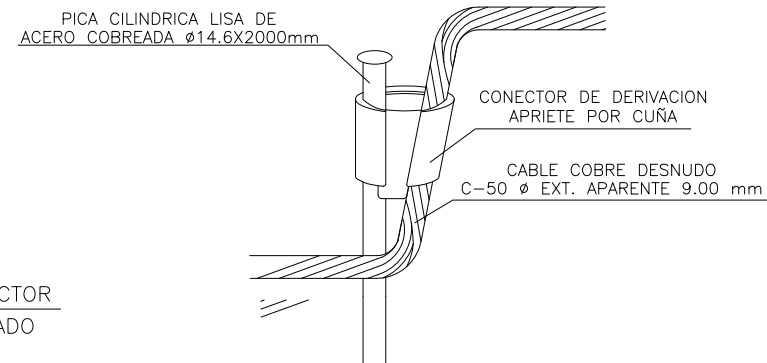


| | |
|-------|--|
| 6 | PLACA PPC |
| 5 | ZAHORRA COMPACTADA CADA 15 CM. |
| 4 | MALLA DE SEÑALIZACION |
| 3 | ARENA TAMIZADA SUELTA Y ASPERA |
| 2 | ABRAZADERA TIPO UNEX (COLOCADA CADA 1.50m) |
| 1 | CABLE MEDIA TENSION |
| Marca | D e n o m i n a c i o n |

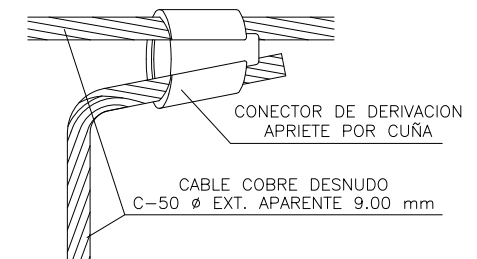
| | | | |
|------------|--|--|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ZANJA LINEA SUBTERRANEA MEDIA TENSIÓN | | Plano Nº |
| S/E | | | E.19 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |



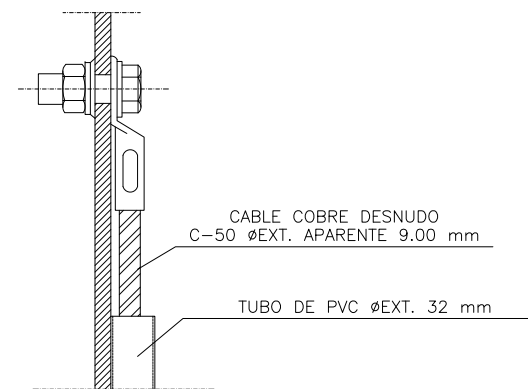
DETALLE C



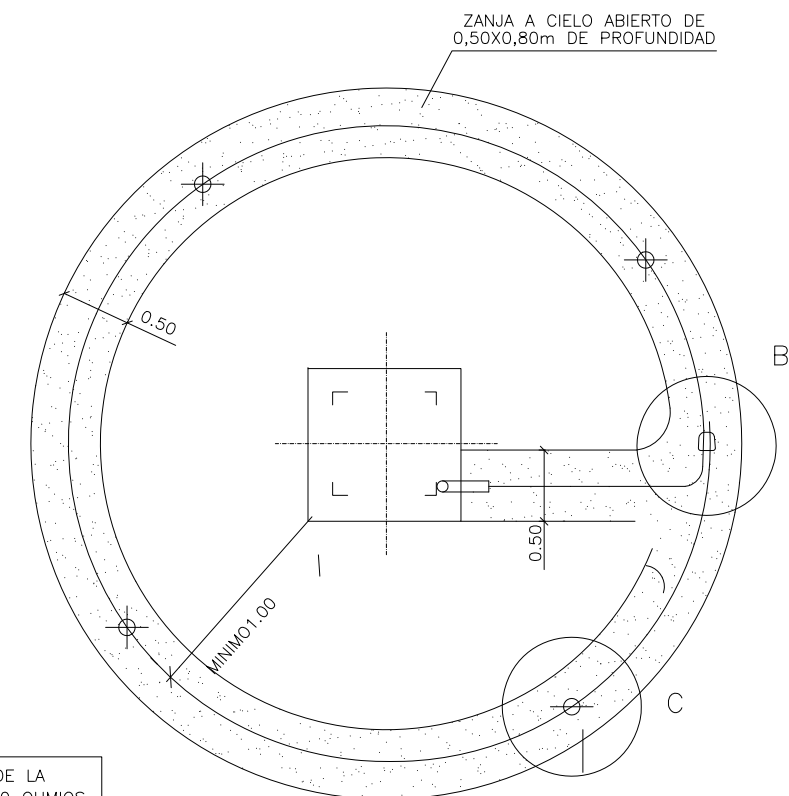
DETALLE B



DETALLE A

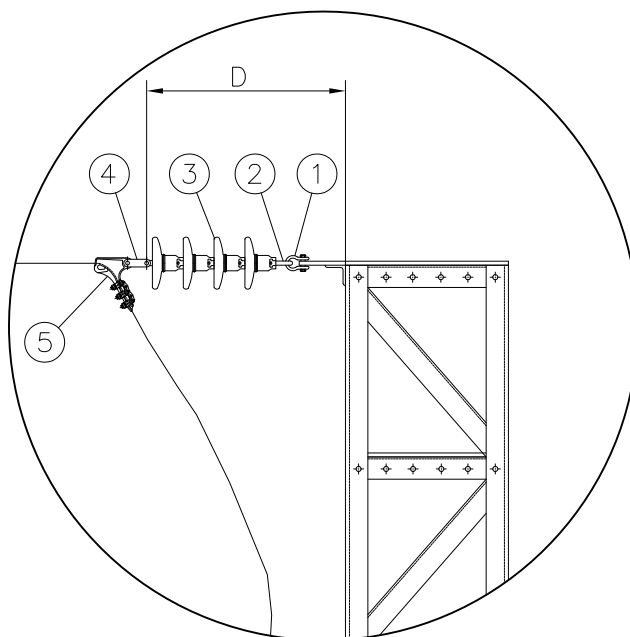


LA RESISTENCIA DE DIFUSION DE LA P.A.T. NO SERA SUPERIOR A 20 OHMIOS



| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA CONVERSIÓN AEREO-SUBTERRANEA | Plano N° | |
| S/E | | E.20 | |
| | | Proyecto Final de Carrera | |

DISTANCIA DE SEGURIDAD ENTRE ZONA EN POSADA Y PUNTO EN TENSIÓN

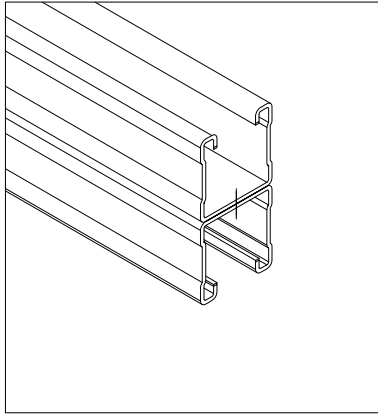


| FORMACIÓN CADENAS | DISTANCIA ALCANZADA | DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD |
|-------------------|---------------------|-------------------------------|
| U-70-BS | D=740 mm | >700 mm |

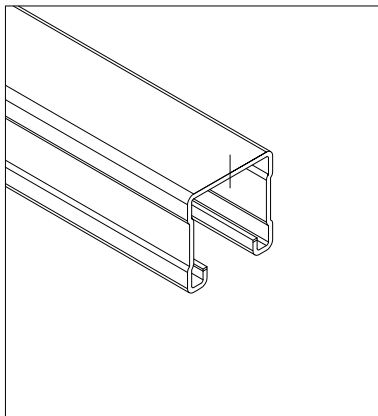
MONTAJE CADENA DE AMARRE COMPLETA CON GRAPA DE AMARRE TIPO GA PARA $U \geq 25$ kV

| MARCA | DENOMINACIÓN |
|-------|--------------------------------------|
| 1 | GRILLETE NORMAL GE |
| 2 | ANILLA BOLA AB16 |
| 3 | AISLADOR DE CAPERUZA Y BÁSTAGO U70BS |
| 4 | RÓTULA LARGA R16P |
| 5 | GRAPA DE AMARRE |

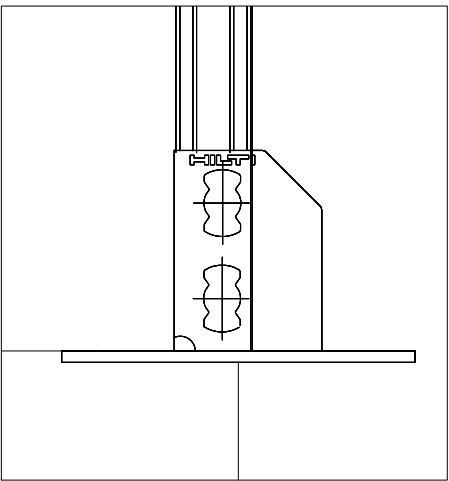
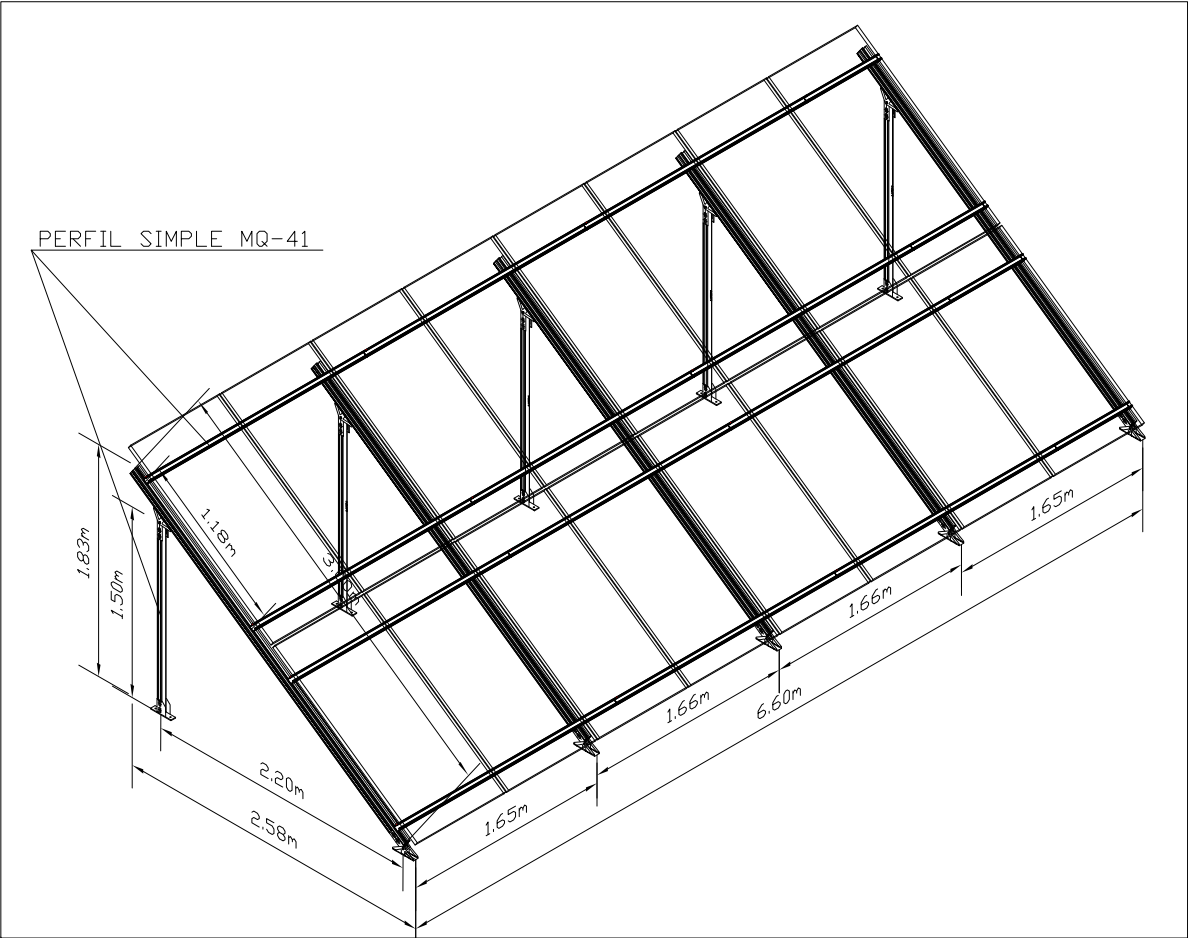
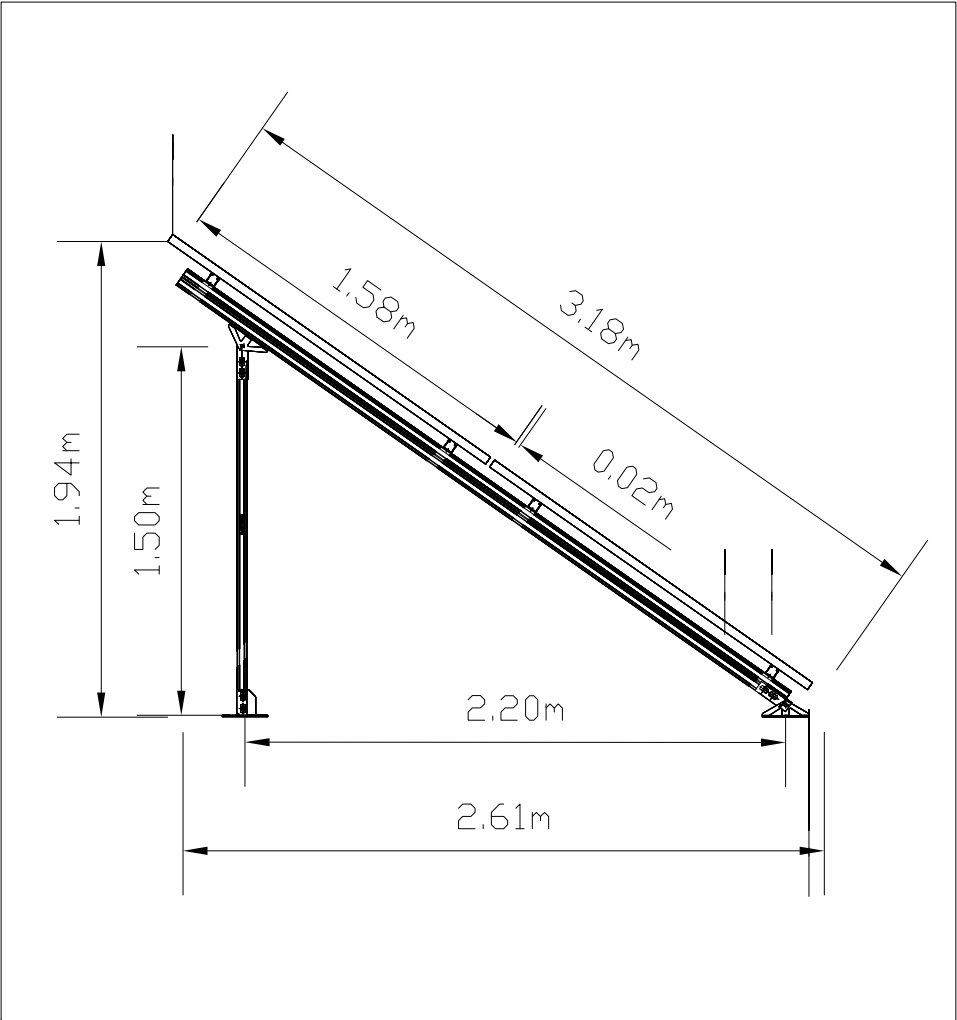
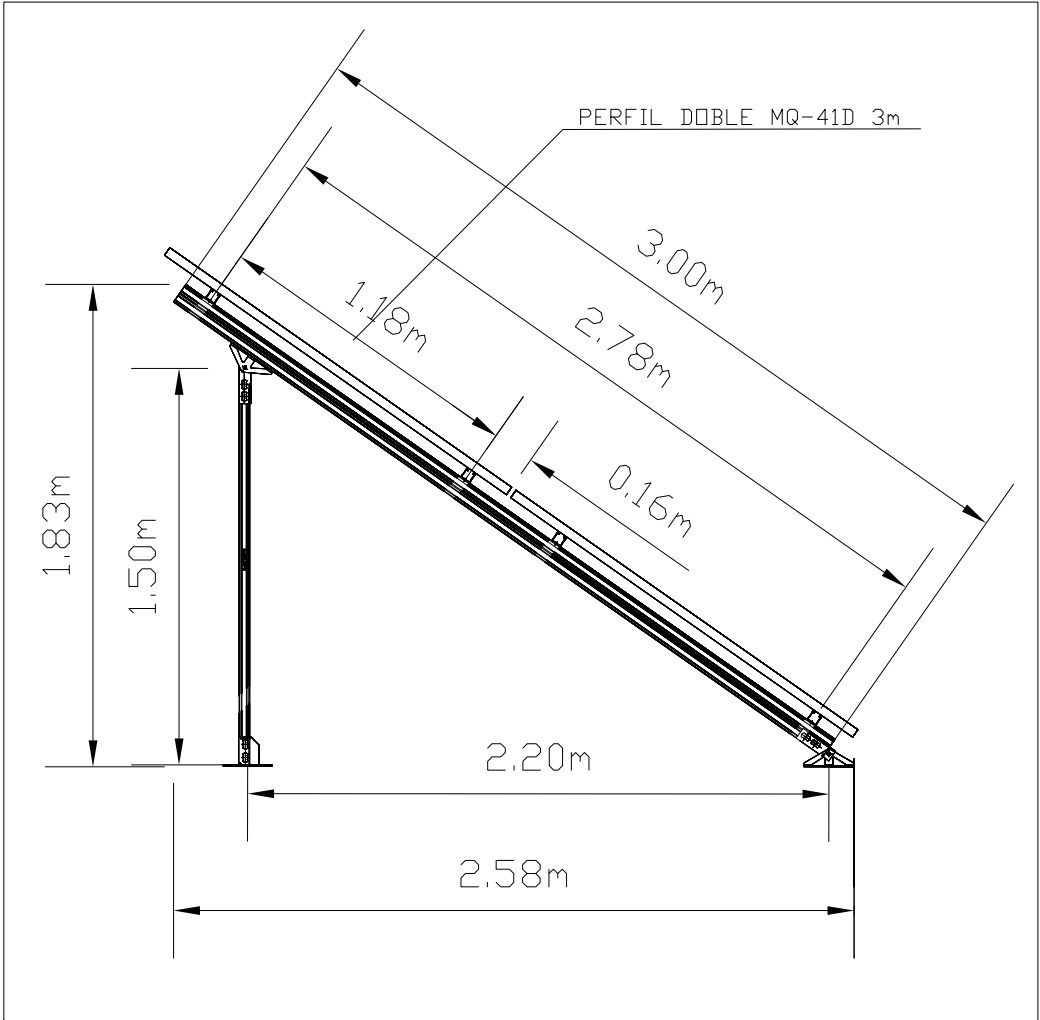
| | | | |
|------------|---|--|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA | | Plano Nº |
| S/E | | | E.21 |
| | CADENA DE AISLAMIENTO LAMT | | Proyecto Final de Carrera |



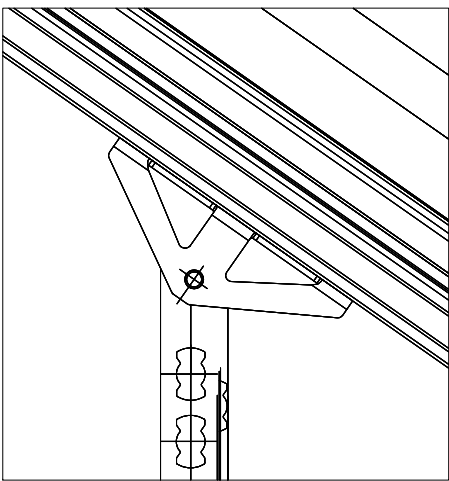
PERFIL DOBLE MQ-41D 3m



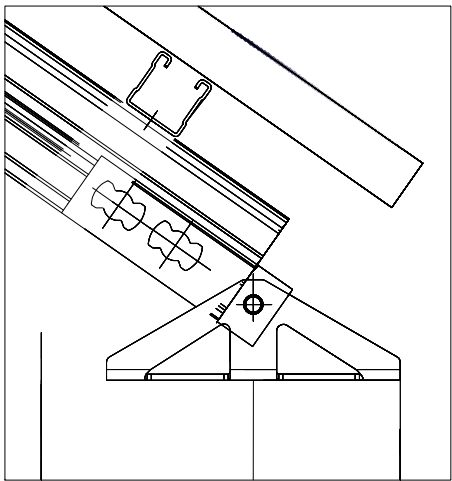
PERFIL SIMPLE MQ-41



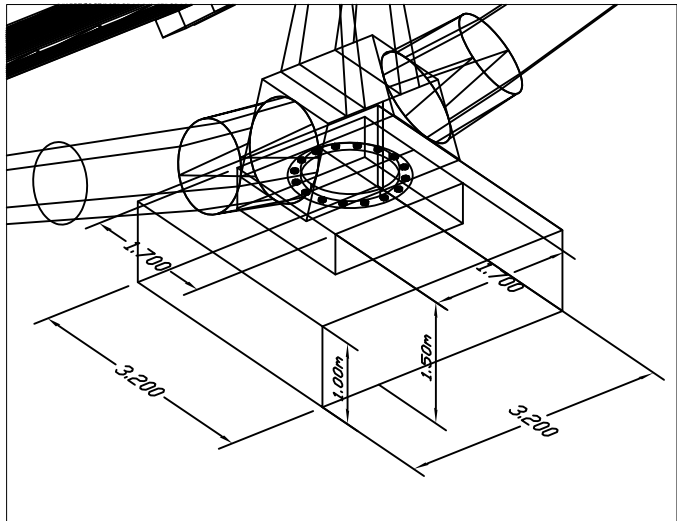
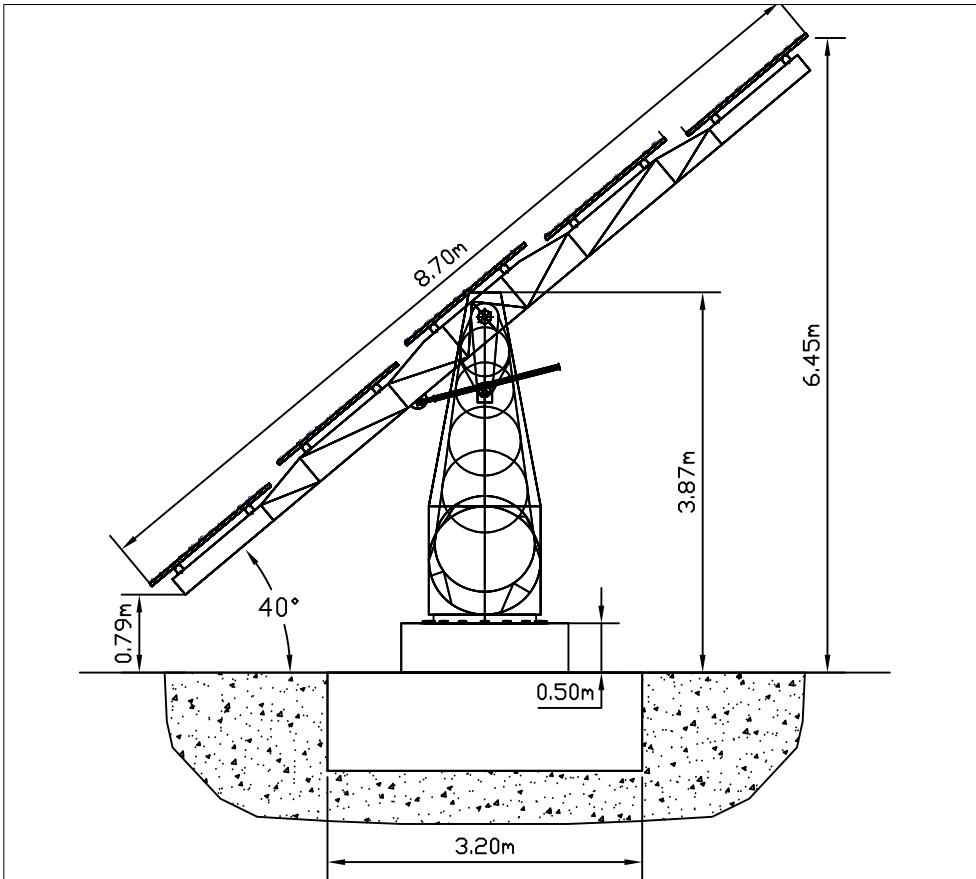
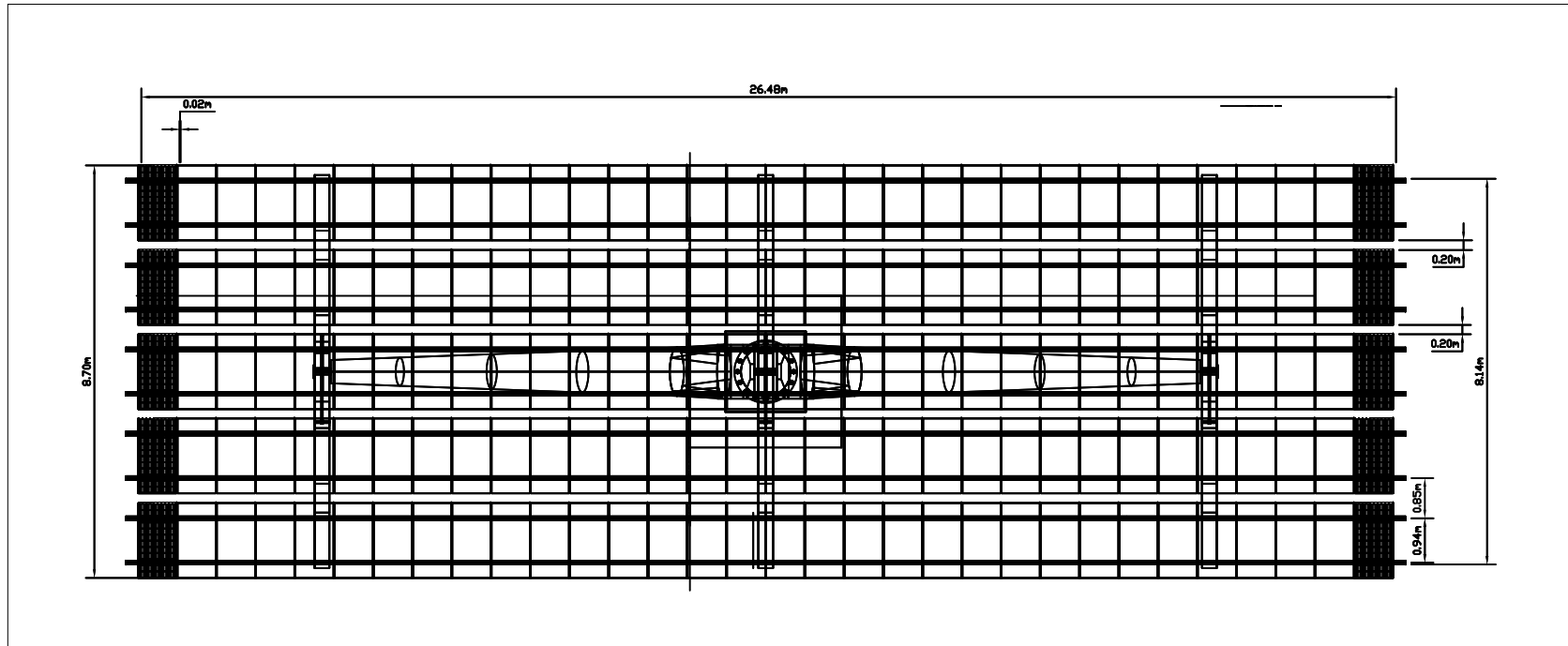
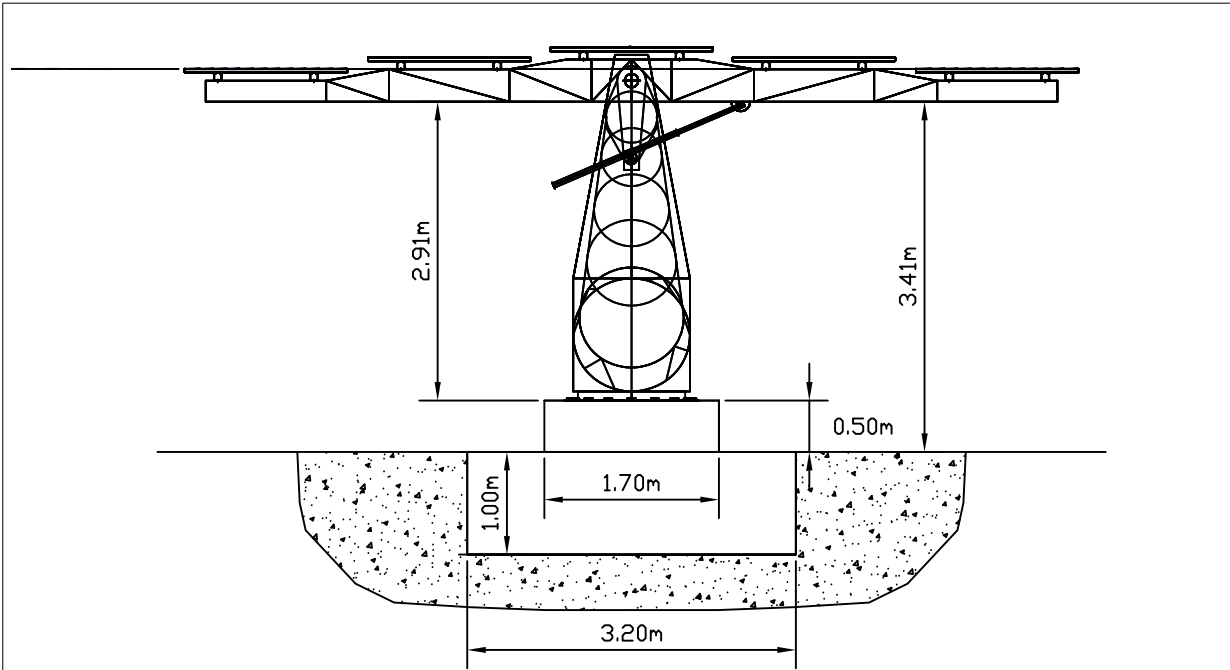
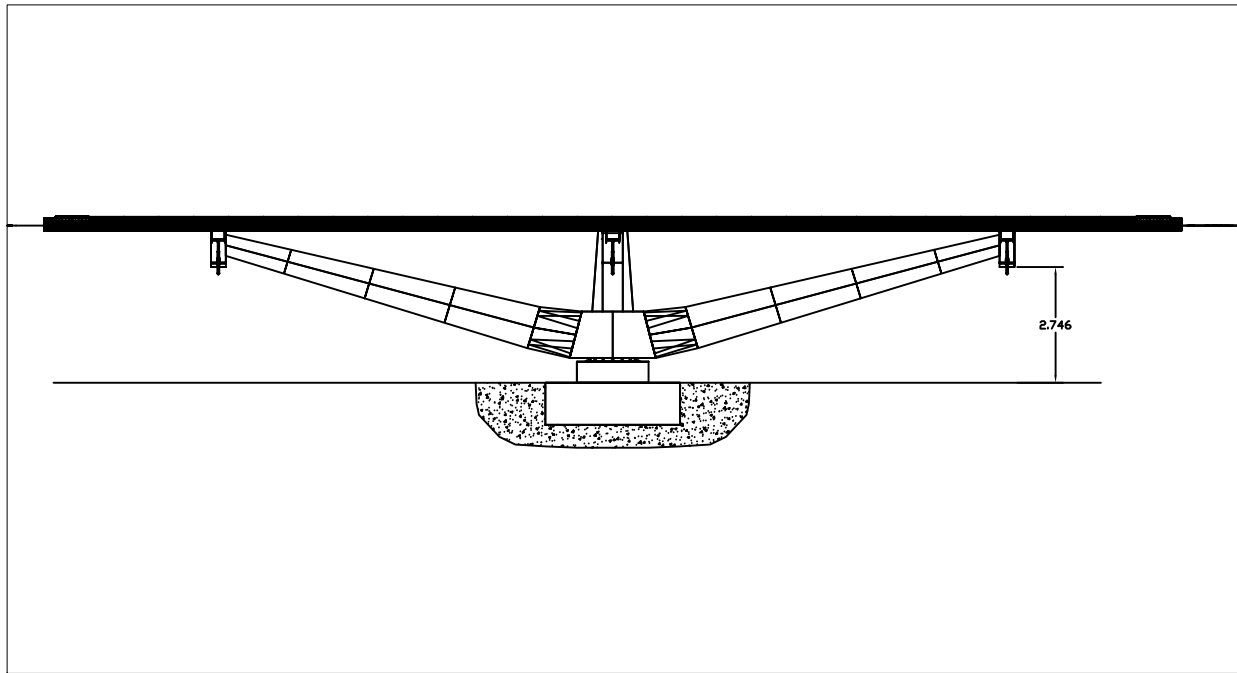
APOYO DE CARRIL MQP-21-72



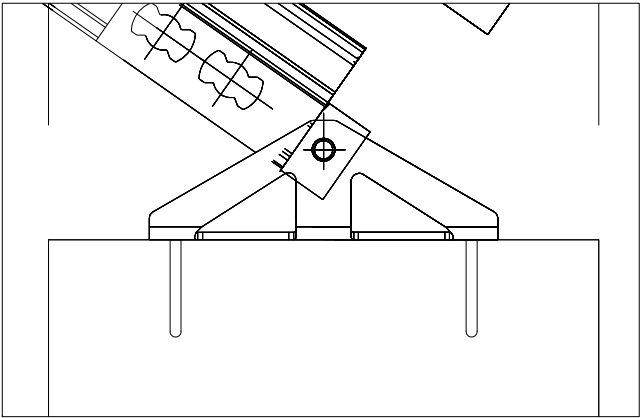
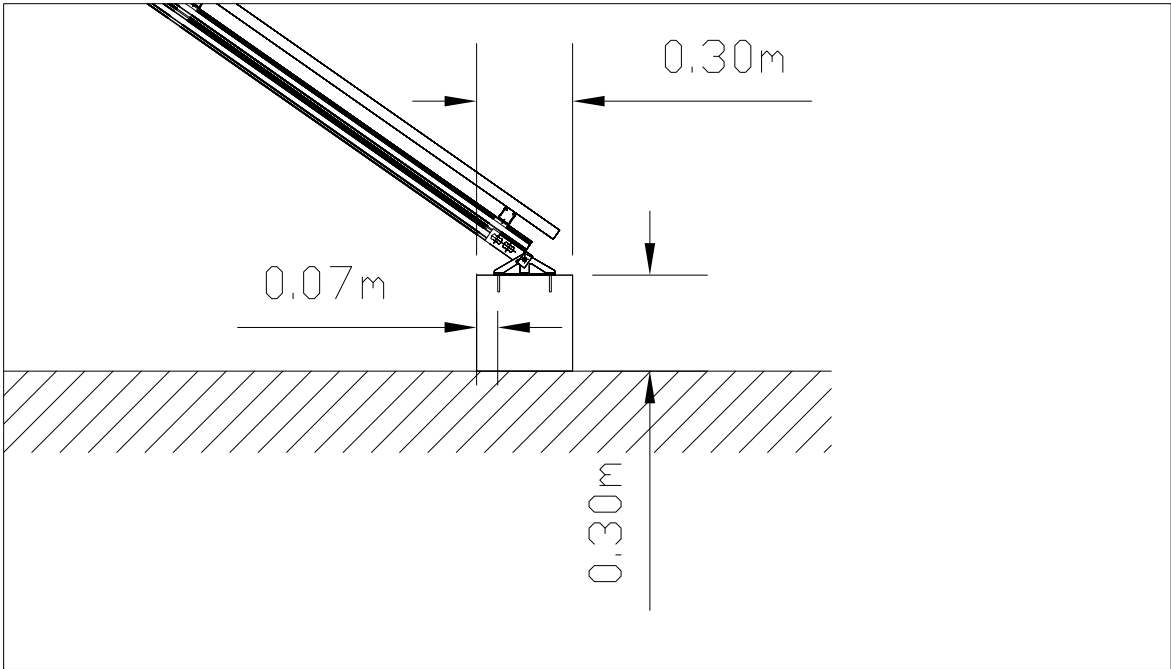
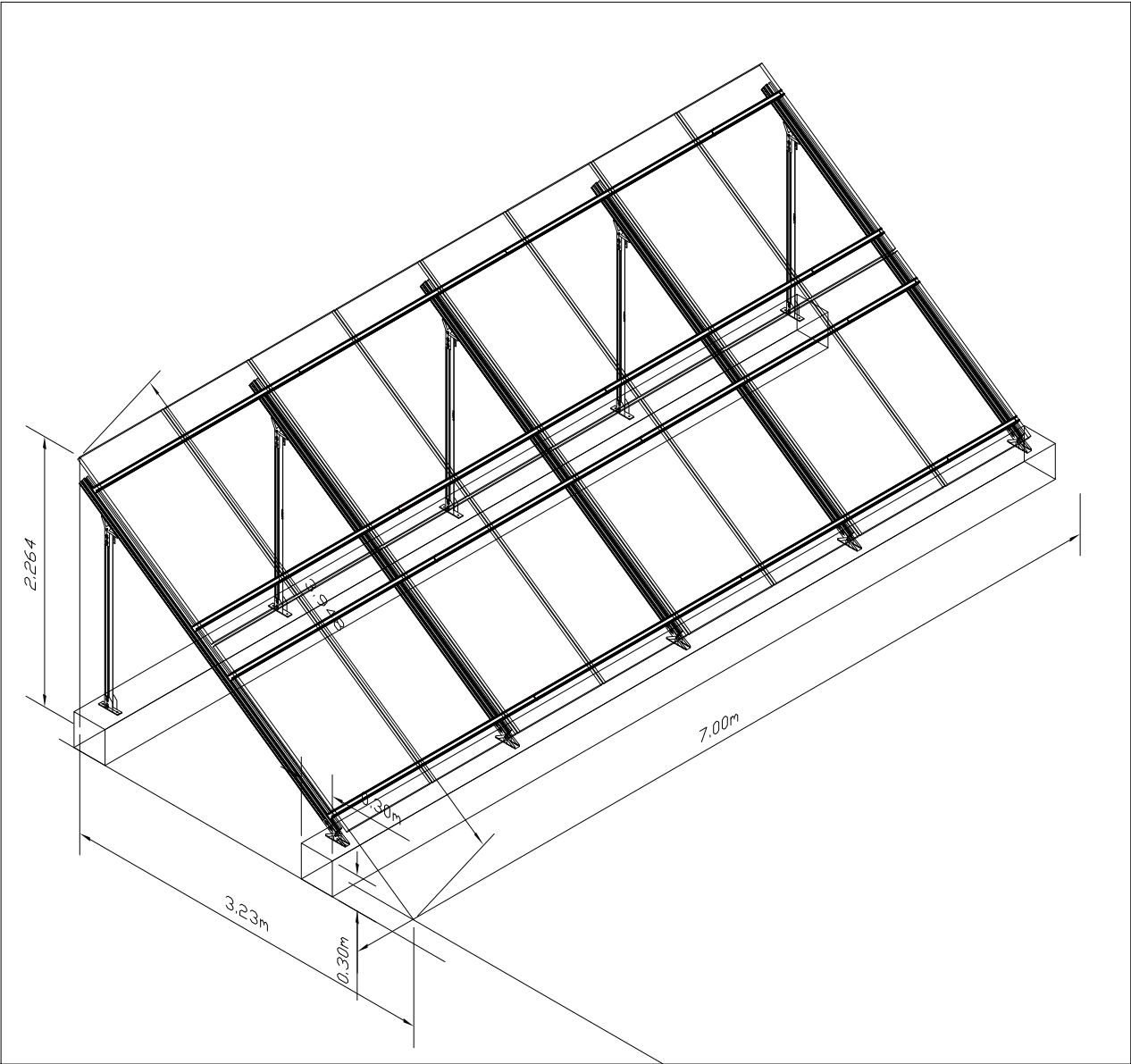
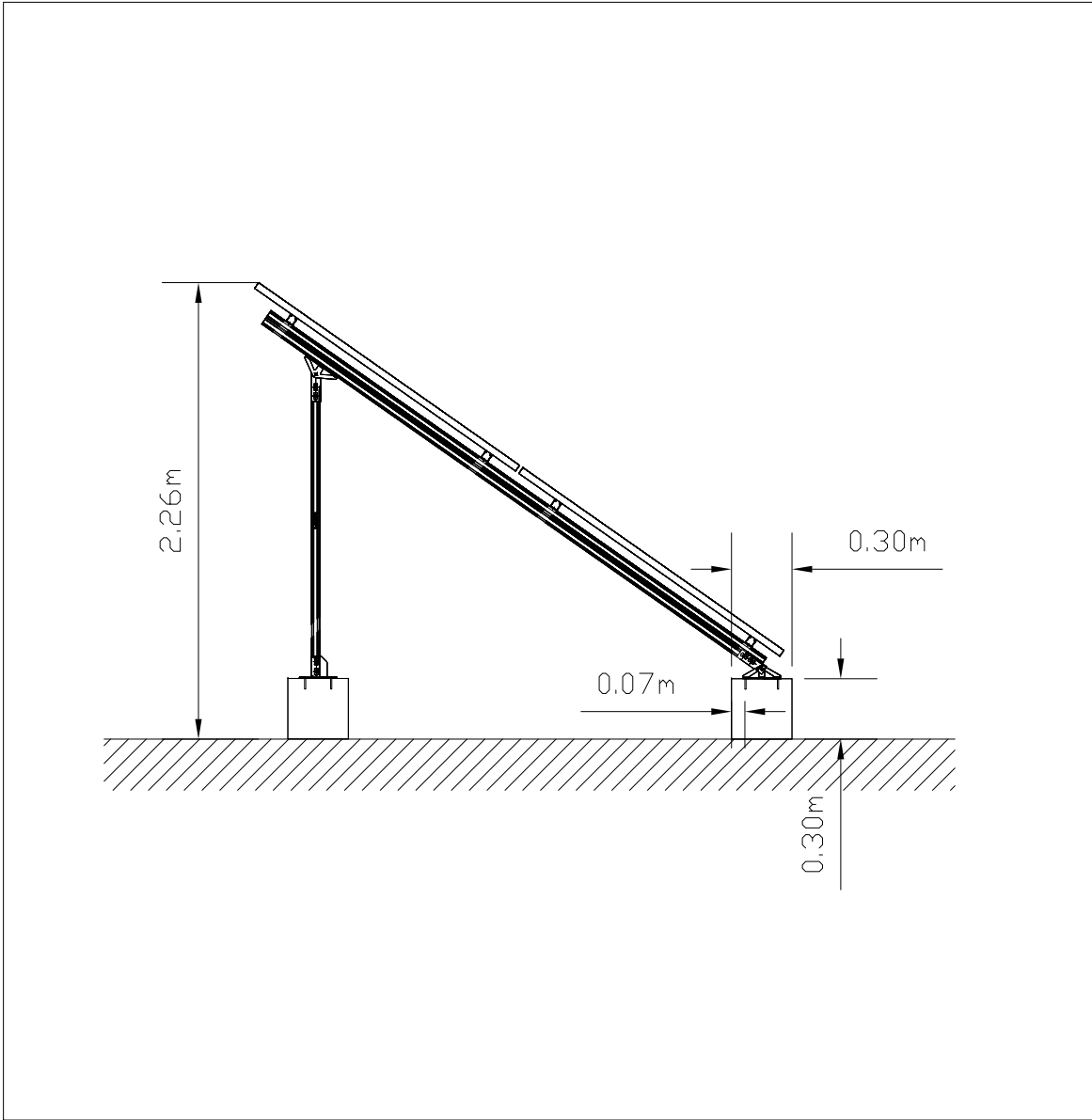
BASE GIRATORIA MQP-G



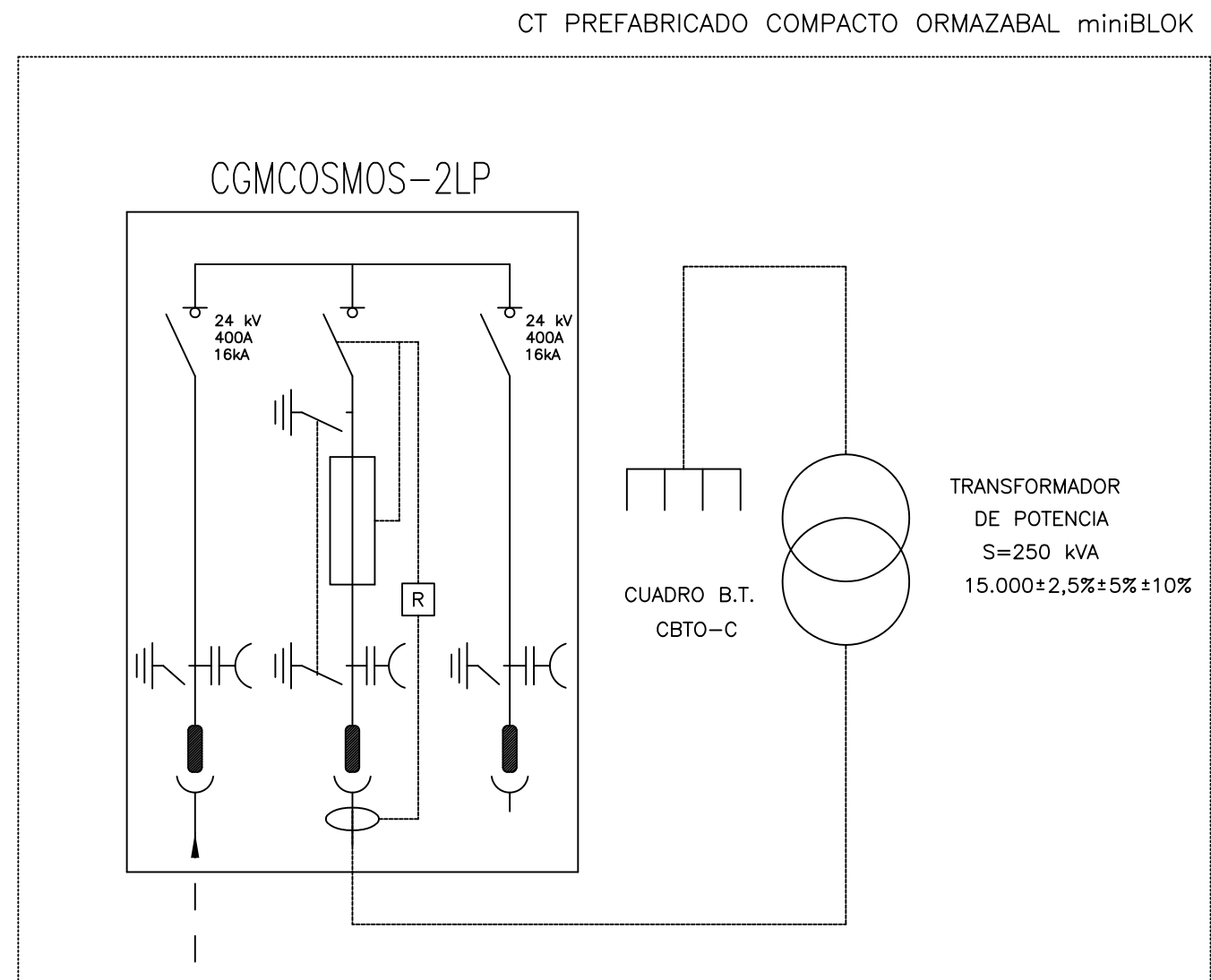
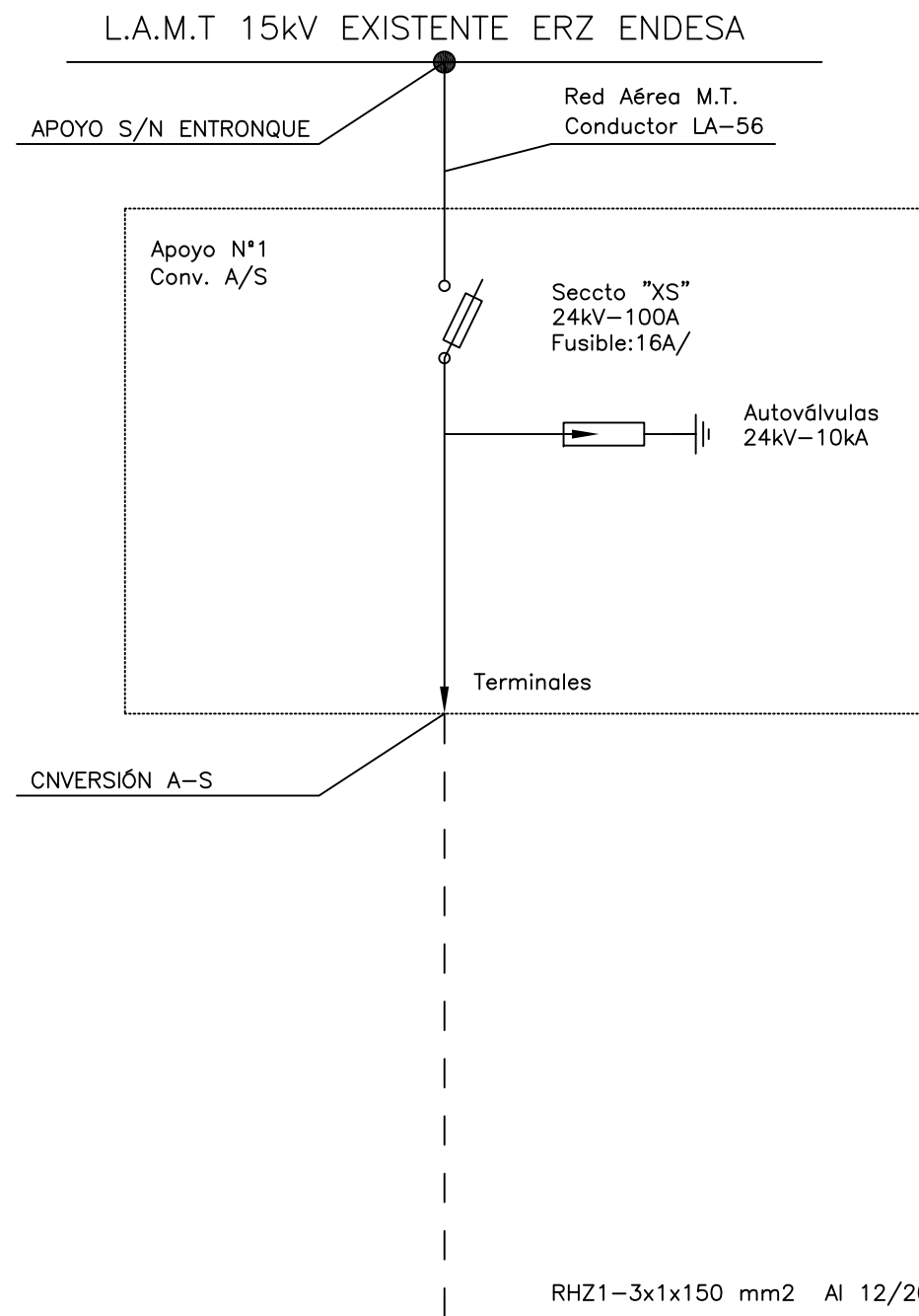
| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ESTRUCTURA SUB-GENERADOR 1 | | Plano Nº |
| S/E | | | E.22 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |



| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA ESTRUCTURA SUB-GENERADOR 2 | | Plano N° |
| S/E | | | E.23 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

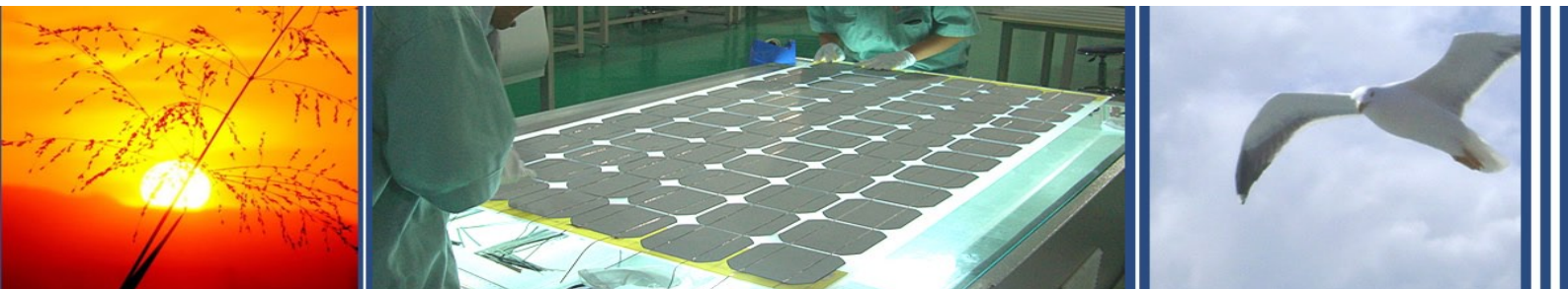


| | | | |
|--|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA | | Plano N° |
| S/E | | | E.24 |
| CIMENTACIÓN ESTRUCTURA SUB-GENERADOR 1 | | | Proyecto Final de Carrera |



| | | | |
|------------|---|---|--|
| | Nombre |  | ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA |
| Dibujado | José Carlos Escolano Marín | | |
| Comprobado | Antonio Montañés Espinosa | | |
| Normas | | | |
| Escala: | ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA UNA CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN | | Plano N° |
| S/E | | | E.25 |
| | | | Proyecto Final de Carrera |

ANEXO III:
MATERIALES Y EQUIPOS-



La “Solución Soleada” para sus proyectos Fotovoltaicos.

Tecnología Brisban Solar



Todos los módulos Brisban han sido diseñados y fabricados siguiendo criterios y directrices Europeas aplicadas por nuestro equipo de profesionales en nuestra sede en Valencia y en nuestra fábrica en Shangai. Brisban es sinónimo de **garantía 100% Española**.

Años de trabajo en el sector profesional de la construcción fotovoltaica, han dotado a Brisban de una experiencia, que pocos fabricantes en el mundo pueden presumir de tener para aplicarla a la fabricación de módulos fotovoltaicos.

Brisban es “**The Sunny Solution**” para sus proyectos fotovoltaicos. Nuestros profesionales le asesorarán y darán soporte para cualquier imprevisto que pueda surgir.

Información Abreviada

- Tensión Máxima del sistema de 1000 Volt.
- 72 células monocristalinas conectadas en serie.
- Preparado para presión de viento de hasta 130km/h.
- Certificado TÜV y CE para su seguridad.

Características Principales

- 72 Células Monocristalinas de 165 mm de Alta Eficiencia.
- Eficiencia del módulo, superior a 15.7%
- Cristal con un alto nivel de transmisividad.
- Encapsulamiento con etil-viniloacetato modificado (EVA). La lámina posterior consta de varias capas, cada una con una función específica, adhesión, aislamiento eléctrico y aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas.
- Inspección EL para prevenir micro roturas en el módulo.
- Diodos de bypass para minimizar la pérdida de potencia en caso de sombreado.

Calidad y Garantías Brisban

Los estándares de calidad de Brisban marcan pautas que garantizan una duradera calidad.

Todos los módulos Brisban son sometidos a continuos ensayos ópticos, mecánicos y eléctricos. Serán fácilmente reconocibles por su etiqueta original de Brisban, el número de serie integrado y la garantía de Brisban:

- 5 años de garantía del producto.
- 12 años de garantía de rendimiento del 90% de la potencia inicial.
- 25 años de garantía de rendimiento al 80% de la potencia inicial.

Datos Físicos

| | |
|---------------------------|---|
| Célula | Células de silicio monocristalino de 165 mm de alta eficiencia. |
| Número y Conexión | 72 células en serie |
| Dimensiones | 1.580 x 808 x 35 mm (1,27 m ²) |
| Peso | 17 Kg |
| Tipo de Conectores | Multicontact 0.9 m y 4mm ² . |

Otros Valores Destacables

| | |
|---|-----------------|
| Temperatura de Funcionamiento (célula) | -40 hasta 90 °C |
| Tensión Máxima Admisible | 1000 V CC |
| Espesor Cristal | 4mm |
| Tolerancia Potencia | +/- 3% |
| Coeficiente de Temperatura Potencia | -0.40%/°C |

Datos Eléctricos

| Modelo | | BS-180S5 | BS-185S5 | BS-190S5 | BS-195S5 | BS-200S5 |
|--|----------|------------|----------|----------|----------|----------|
| Potencia | | 180 Wp | 185 Wp | 190 Wp | 195 Wp | 200 Wp |
| Corriente punto de máxima potencia | I_m | 4.90 A | 5.08 A | 5.20 A | 5.30 A | 5.35 A |
| Tensión punto de máxima potencia | V_m | 36.55 V | 36.45 V | 36.60 V | 36.87 V | 37.25 V |
| Corriente de cortocircuito | I_{sc} | 5.30 A | 5.48 A | 5.60 A | 5.65 A | 5.75 A |
| Tensión en circuito abierto | V_{oc} | 44.50 V | 44.88V | 44.85 V | 44.90 V | 45.20 V |
| Coeficiente de rendimiento | η_m | 14.0 % | 14.5 % | 15 % | 15.3% | 15.7 % |
| NOCT | | 45 °C | | | | |
| Coeficiente de temperatura de V_{oc} | | -0.40 %/°C | | | | |
| Coeficiente de temperatura de I_{sc} | | +0.06 %/°C | | | | |

Los valores eléctricos se refieren a condiciones de prueba estándar (STC): Irradiación de 1.000 W/m² con espectro de luz AM 1.5 a una temperatura de célula de 25 °C. Las características eléctricas están sujetas a una tolerancia de fabricación de $\pm 10\%$ y $\pm 3\%$ de potencia nominal. Antes de montar los módulos fotovoltaicos, lea por favor con atención nuestras especificaciones eléctricas detalladas anteriormente.

Aplicaciones Típicas

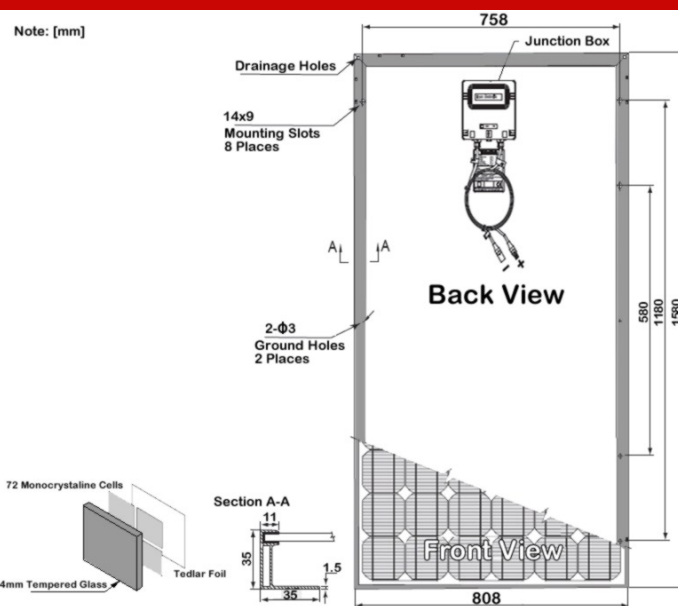
- Techados fotovoltaicos en viviendas.
- Techados fotovoltaicos en naves industriales.
- Instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a red.
- Electrificación rural.
- Telecomunicaciones.



• Qualified, IEC 61215
• Safety tested, IEC 61730
• Periodic Inspection



Dimensiones Físicas



Brisban Solar



SolarMax Serie C

Inversores centrales 20C/25C/30C/35C/50C/80C/100C/300C

Energía solar: una inversión en el futuro.

El futuro pertenece a las energías renovables y, por ende, también a la energía solar. Su intención en invertir en energías renovables es la prueba evidente de que usted ha reconocido los signos del tiempo. Usted aboga por la protección medioambiental y una naturaleza equilibrada – también para las generaciones venideras. Con los inversores centrales SolarMax, usted cuenta con componentes para la producción de energía solar a bajo coste.

El inversor central SolarMax representa toda una serie de ventajas, tanto en cuanto a eficiencia como en cuanto a potencial de ahorro.

Eficiencia y capacidad. Con su alto nivel de eficiencia pico del 96 %, nuestra garantía extendida y su bajo peso, los inversores centrales SolarMax ofrecen ventajas competitivas únicas y decisivas.

Calidad a un atractivo precio. A pesar de su atractivo precio, el SolarMax convence por su calidad y nuestro servicio rápido y competente.

Duradero y seguro en su funcionamiento. Todos los inversores SolarMax han sido certificados por TÜV Rheinland, garantizando una larga vida y un funcionamiento libre de fallos de todos sus componentes. Con el objeto de alcanzar estos altos estándares, Sputnik Engineering ha situado la robustez en el funcionamiento a largo plazo de sus inversores SolarMax como una de sus más altas prioridades desde la misma etapa de diseño. SolarMax es uno de los pocos equipos que cuentan con un concepto de alta seguridad de funcionamiento, una diseño optimizado para su rendimiento y un control con procesador de señales digitales (DSP).

Máxima facilidad. Los inversores centrales SolarMax son fáciles de instalar. La puesta en operación es muy sencilla y requiere poco tiempo.

“Servicio todo incluido” para su total confianza. Mediante un contrato de servicio, se garantiza un funcionamiento perfecto del inversor SolarMax hasta 20 años. De esta forma, el propietario podrá planificar el retorno de su inversión de una manera segura.

Líder del mercado con amplia experiencia y avanzada tecnología: En 1992, Sputnik Engineering puso en funcionamiento el primer inversor central. En la actualidad, ya hay más de 6.000 inversores centrales SolarMax conectados a la red de 50 Hz.

El equipo de Sputnik le asesora y acompaña de principio a fin: desde el primer bosquejo, pasando por la planificación, hasta la puesta en funcionamiento de su campo solar.



 **SWISS QUALITY**

 **SolarMax®**
by Sputnik Engineering

| | SolarMax 20C | SolarMax 25C | SolarMax 30C | SolarMax 35C | SolarMax 50C | SolarMax 80C | SolarMax 100C | SolarMax 300C |
|---|---|--------------|--------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|-------------------|
| Lado de entrada (CC) | | | | | | | | |
| Potencia CC * máxima | 24 kW | 33 kW | 40 kW | 45 kW | 66 kW | 105 kW | 130 kW | 400 kW |
| Rango de tensiones MPP | 430...800 Vcc | | | | | | | |
| Tensión de entrada máxima | 900 Vcc | | | | | | | |
| Instalación solar, rango de tensiones nominales (Ayuda para la definición de la conexión serie de las placas de Si mono y poly) | 540...635 Vcc | | | | | | | |
| Corriente de entrada | 0...48 Acc | 0...63 Acc | 0...75 Acc | 0...78 Acc | 0...120 Acc | 0...180 Acc | 0...225 Acc | 0...720 Acc |
| Rizado de corriente | < 4 % peak-peak | | | | | | | |
| Lado de salida (CA) | | | | | | | | |
| Potencia nominal | 20 kW | 25 kW | 30 kW | 35 kW | 50 kW | 80 kW | 100 kW | 300 kW |
| Potencia máxima | 22 kW | 27.5 kW | 33 kW | 38.5 kW | 55 kW | 88 kW | 100 kW | 330 kW |
| Tensión | 3 * 400 + 10 % / – 15 % Vca | | | | | | | |
| Corriente de salida | 0...31 Aca | 0...38 Aca | 0...46 Aca | 0...54 Aca | 0...77 Aca | 0...122 Aca | 0...153 Aca | 0...459 Aca |
| Factor de potencia (PF) | > 0.98 | | | | | | | |
| Nominal de red/gama de ajustes | 50 Hz / 45...52 Hz | | | | | | | |
| Distorsión armónica | < 3 % | | | | | | | |
| Datos de sistema | | | | | | | | |
| Consumo nocturno | 2...7 W | | | | | | | |
| Rendimiento máximo | 96 % | | | | | | | |
| Rendimiento europeo | 94.8 % | | | | | | | |
| Temperatura ambiente | –20 °C...40 °C | | | | | | | |
| Tipo de protección | IP20 | | | | | | | |
| Forma de conexión | PWM (IGBT) con transformador | | | | | | | |
| Humedad relativa del aire | 0...98 % sin condensación | | | | | | | |
| Según la CE | EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN 50178 | | | | | | | |
| Símbolo de verificación | Certificado por TÜV Rheinland | | | | | | | |
| Normas adicionales | DK 5940, RD 661 | | | | | | | |
| Indicación | Display LC de dos líneas con iluminación de fondo | | | | | | | |
| Comunicación de datos | Interfaz RS232 / RS485 integrado | | | | | | | |
| Siones (anch x pro x alt) | 57 x 57 x 117 cm | | | | 120 x 80 x 130 cm | | | 2 x 120x80x180 cm |
| Peso | 275 kg | 275 kg | 370 kg | 370 kg | 735 kg | 805 kg | 935 kg | 2600 kg |

* Dimensiones recomendadas sobre el 15 % (estudio de ISE Fraunhofer)

Reservados todos los derechos. Texto sujeto a modificaciones o errores.

Características

- Inversor compacto sinusoidal PWM
- Máxima eficiencia
- Eficiencia MPP mayor al 99 %
- Procesador de señales digitales (DSP)
- Atractiva relación precio/rendimiento
- Bajo peso y optimización de necesidad de espacio físico
- Garantía de 2 años, prolongable hasta 20 años
- Equipados de serie con puertos RS232 / RS485
- Opción MaxControl para alarma automática, supervisión del inversor y evaluación de datos de rendimiento
- SolarMax ha sido certificado por TÜV Rheinland
- Plazos de entrega dentro del período planificado
- Hotline y rápida respuesta de servicio



INFAC – Interruptor de Continua

En instalaciones fotovoltaicas, el INFAC funciona como interruptor de continua. Al recibir la orden de cortocircuito procedente de un vigilante de aislamiento (por Ej.: FAC3/I), desconecta el inversor de los paneles solares y cortocircuita la entrada de potencia. Ello permite prevenir de posibles descargas eléctricas al personal de instalación y mantenimiento, al reducir la tensión de los paneles de un valor elevado (cientos de voltios) a un valor cercano a cero voltio.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El INFAC es un interruptor de corriente continua de estado sólido que permite o no la transferencia de energía de la entrada a la salida.

La entrada es la tensión continua procedente de los paneles fotovoltaicos y la salida la tensión que va al inversor.

Dispone de dos entradas de control:

- Una, que activa la transferencia de potencia entrada a salida (estado 'on').
- La otra interrumpe la transferencia de energía y cortocircuita las bornas de entrada de potencia (estado 'cortocircuito').

El dispositivo se comporta como un biestable con los dos estados descritos, conmutando a uno u otro al recibir un pulso a través de las entradas de control correspondientes.

El diodo D1 aísla la salida del cortocircuito de la entrada. En la versión /T, el cortocircuito se conecta a la borna de tierra.

En la versión /2, el negativo del cortocircuito se desconecta del inversor. En la versión /2/T, el negativo del cortocircuito se desconecta del inversor y se une a tierra.

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

- Activación y desactivación por impulso de cierre de contacto.
- Sistema totalmente estático en la parte de potencia.
- Sin límite de maniobras.
- Tiempo pulso de maniobra: 100 mseg.(mínimo)
- Tensión auxiliar 230 Vca.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Caja metálica con borna de conexión a tierra
- Bornes de potencia.
- Indicación de cortocircuito con led rojo.
- Indicación de existencia de tensión en paneles con led verde



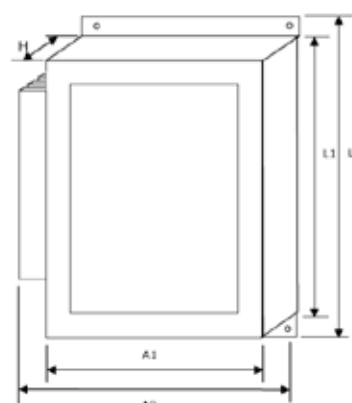
DATOS TÉCNICOS

- Tensión de corte hasta 1000 Vcc
- Intensidad de cortocircuito: 20, 40 ó 60 A (modelos L, M y H).
- Consumo máximo en Reposo Activado
 - o Modelo L (20A): 15W 20W
 - o Modelo M (40A): 30W 40W
 - o Modelo H (60A): 45W 60W
- Tiempo respuesta: <100ms
- Caída tensión entrada-salida: <1V
- Reglamento Baja tensión
- Normativa EMC, Inmunidad
- Aislamiento: Vca (Clase II)
- Aislamiento: Vcc (Clase I)

GARANTÍA

De dos años contra defectos de fabricación.

DIMENSIONES DE LA CAJA (en mm.)



| Caja | H | A1 | A2 | L1 | L2 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | 80 | 150 | 200 | 200 | 240 |
| B | 100 | 200 | 250 | 250 | 290 |

DATOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS

FORMATO GENÉRICO DE UN MODELO

INFAC/xxx /y /a)

xxx:

Tensión en paneles en circuito abierto, valores estándar 200, 400, 800 voltios.

y =Intensidad máxima de cortocircuito:

L = 20 A, M = 40 A, H = 60 Amperios

a = T: conexión a tierra del cortocircuito.(solo para niveles de intensidad /L y /M)

= 'blanco': cortocircuito sin conexión a tierra.

Ejemplo: INFAC/400/L interruptor para una instalación con tensión en circuito abierto de 400 voltios e intensidad de cortocircuito 20 A.

El modelo INFAC/400/L/T además el cortocircuito se une a la borna de tierra.

| Modelos | Intensidad Máx. | Caja Exterior |
|-------------|-----------------|---------------|
| INFAC/xxx/L | 20 A | A |
| INFAC/xxx/M | 40 A | B |
| INFAC/xxx/H | 60 A | B |

ESQUEMAS

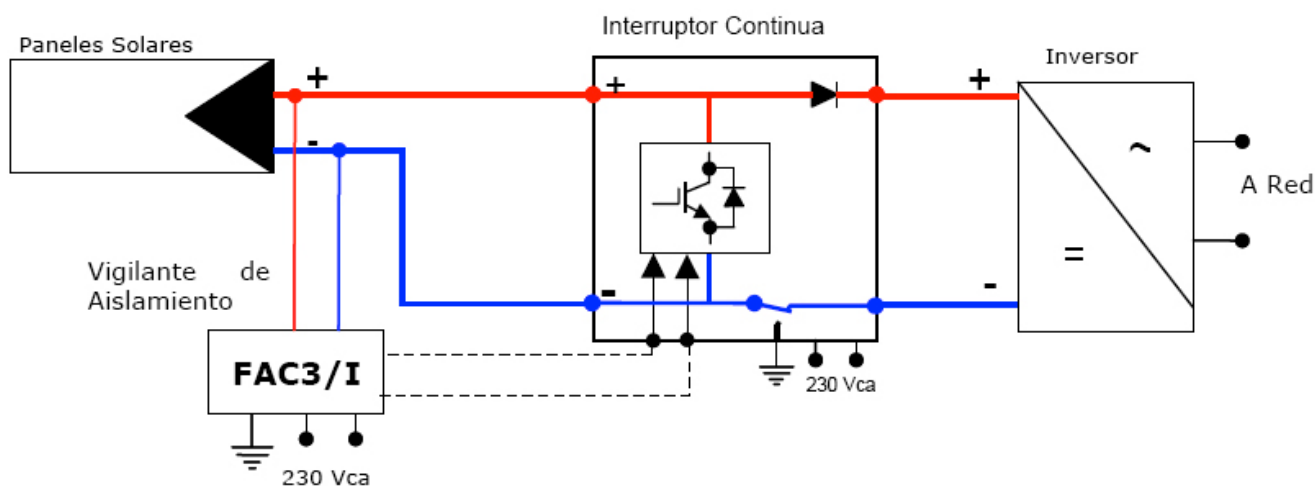
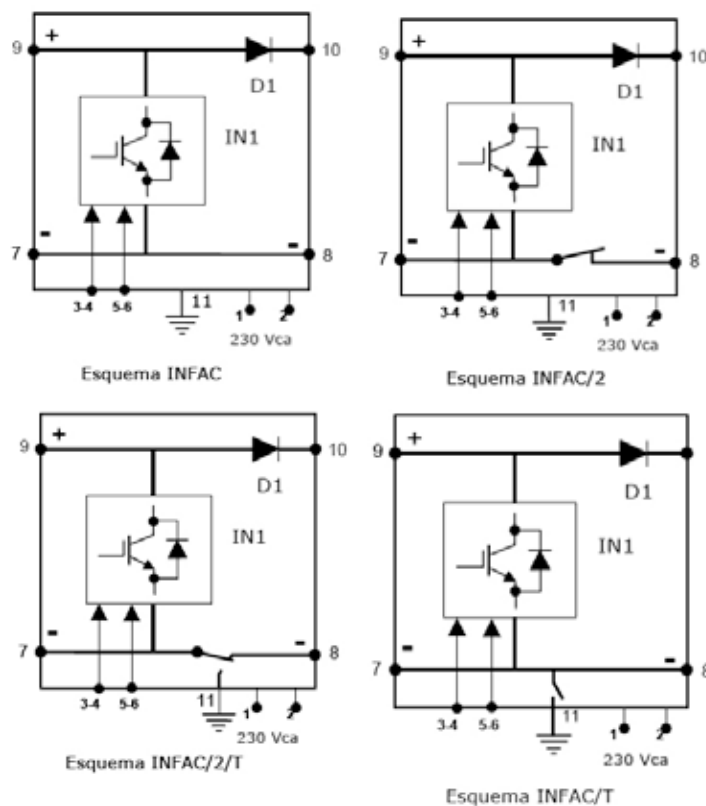


Fig.2: Conexión del Interrupor de Continua INFAC en una Instalación FV



FAC3/I: Vigilante de Aislamiento con Rearme automático para INFAC

En instalaciones fotovoltaicas, el FAC3/I detecta las faltas de aislamiento, procediendo a dar las órdenes adecuadas a los elementos de maniobra (Interruptor INFAC). Ello permite prevenir de posibles descargas eléctricas al personal de instalación y mantenimiento.

Su función de rearme permite restablecer el servicio, una vez la falta de aislamiento ha desaparecido (por ejemplo, derivaciones por la humedad a primera hora de la mañana).

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo FAC3/I detecta la falta de aislamiento a tierra en las instalaciones de energía fotovoltaica, dando una orden de salida instantánea al Interruptor INFAC para cortocircuitar la tensión de salida de los paneles, asegurando de esta manera que la instalación queda sin tensión.

El rearme automático restablece la situación normal si el defecto de aislamiento ha desaparecido, dando una orden de desconexión del cortocircuito al Interruptor INFAC.

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

- Ordenes de conexión y desconexión por contacto libre de potencial.
- Contactos de conexión y desconexión independientes.
- Duración de las ordenes 100 mseg.
- Diodos luminosos, que memorizan si el fallo de aislamiento se ha producido por (+) o (-).
- Pulsador de prueba para simular un fallo a tierra de (+) y de (-).
- Pulsador de Reset que reinicia el equipo.
- Ocho tiempos de Rearme seleccionables internamente (entre 1 y 60 minutos).
- Nivel de aislamiento ajustable entre 20k Ω y 80k Ω .

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Equipo realizado con microcontrolador.
- Caja de plástico para instalación en carril DIN.
- Bornes en carátula frontal.
- Contactos de salida libres de potencial.
- Alimentación auxiliar para realizar rearme automático.



DATOS TÉCNICOS

- Tensión Vigilancia (V_N) hasta 1000 Vcc
- Margen de funcionamiento: V_N -50% a V_N
- Tensión auxiliar: 230 Vca
- Consumo en reposo: 0.5 W (a V_N)
- Consumo con defecto: <6 W
- Tiempo respuesta: <200ms
- Resistencia defecto: 20k Ω a 80k Ω
- Normas que cumple:
 - Reglamento Baja tensión
 - Normativa EMC, Inmunidad
 - Conforme RD 1663/2000
- Propiedades de los contactos de los relés:
 - Corriente permanente: 5 A.
 - Tensión máx.conmut.: 230 Vca.
 - Pot. Máx. Conmutac. : 1000 VA.

MODELOS

Formato Genérico de un modelo: FAC3/XXX/I

XXX - Tensión máxima de funcionamiento

Ej: FAC3/300/I modelo que actúa en el rango de 150 a 300 Vcc con tensión auxiliar de 230 Vca y para actuar sobre el Interruptor INFAC.

| Modelos | Margen de Tensión |
|------------------------|-------------------|
| FAC3 / 1000 / I | 500 a 1000 Vcc |
| FAC3 / 900 / I | 450 a 900 Vcc |
| FAC3 / 800 / I | 400 a 800 Vcc |
| FAC3 / 600 / I | 300 a 600 Vcc |
| FAC3 / 400 / I | 200 a 400 Vcc |
| FAC3 / 300 / I | 150 a 300 Vcc |
| FAC3 / 200 / I | 100 a 200 Vcc |
| FAC3 / 100 / I | 50 a 100 Vcc |
| FAC3 / 50 / I | 25 a 50 Vcc |

DATOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS

MANTENIMIENTO Y GARANTÍA

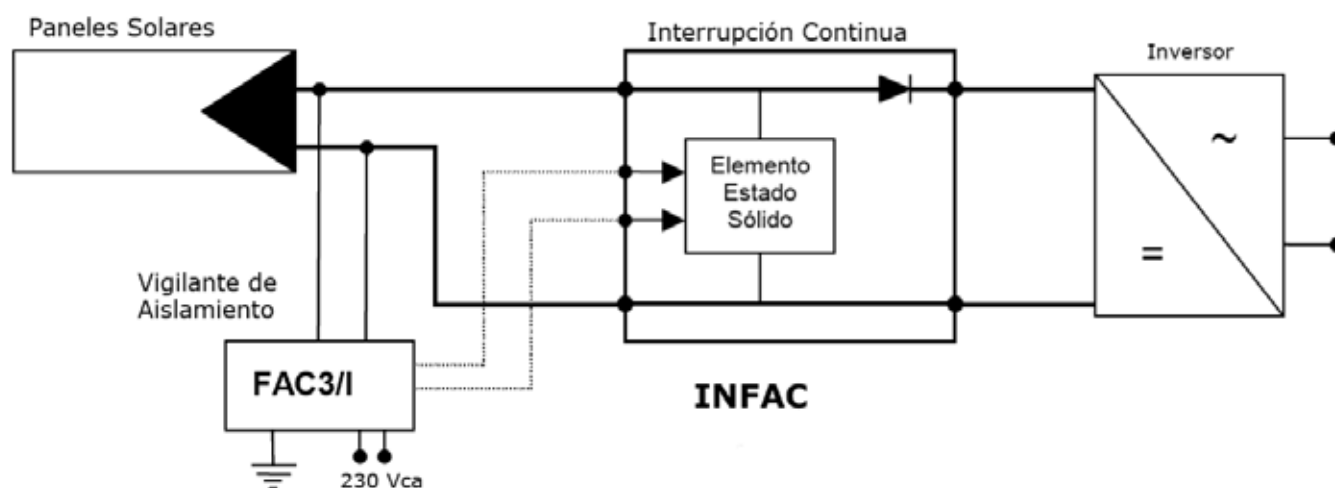
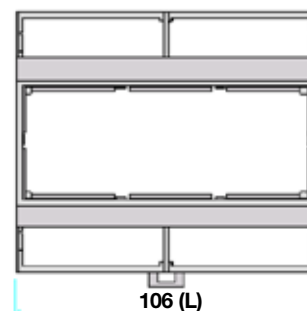
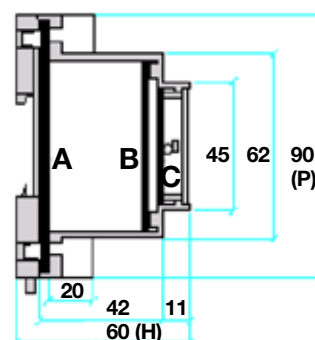
Cada seis meses o en las revisiones periódicas se recomienda pulsar PRUEBA para comprobar que el equipo actúa correctamente.

Garantía de dos años contra defectos de fabricación.

DIMENSIONES DE LA CAJA (en mm.)

Caja Montaje barra OMEGA DIN EN 50022.
Material plástico auto extingible clase VO.

EMBORNAMIENTO



Conexión del FAC3/I e INFAC en una instalación fotovoltaica



BSF – Buscador de Seguidor en Fallo

El Buscador Seguidor en Fallo BSF, se utiliza en instalaciones fotovoltaicas con múltiples seguidores o strings, para determinar junto con los interruptores de continua INFAC, cual es el seguidor que presenta fallo de aislamiento, una vez que este es detectado por el Vigilante de Aislamiento de la instalación.

FUNCIONAMIENTO

Tal y como se muestra en la figura de la hoja 2, cuando el Vigilante de Aislamiento FAC3 detecta fallo de aislamiento, indica al BSF (Buscador Seguidor en Fallo) que active el cortocircuito de todos los Interruptores de continua (INFAC).

Una vez realizado esta acción, el BSF inicia el ciclo de búsqueda del seguidor que tiene el fallo de aislamiento:

Al cabo de pocos segundos, procede a quitar el cortocircuito del primer seguidor y verificar si reaparece el fallo de aislamiento. Si no surge el fallo, lo deja funcionando y si se presenta lo vuelve a cortocircuitar. Realiza el mismo proceso con el siguiente seguidor hasta que haya realizado la prueba con todos los seguidores. Al final del ciclo quedarán cortocircuitados los seguidores que tuvieron fallo de aislamiento.

Cuando el Vigilante de Aislamiento FAC3 ordena un reenganche, el BSF quita el cortocircuito de los seguidores que lo tuvieron.

FUNCIÓN DE REENGANCHE

Si se utiliza un vigilante de aislamiento de los que internamente disponen algunos inversores, debe utilizarse el modelo BSF/R con función de reenganche incorporada. Tiene cinco tiempos de rearme escalonados, Una vez ha terminado el ciclo de búsqueda y algún seguidor ha quedado cortocircuitado, pasado el primer tiempo de un minuto, procederá a quitar los cortocircuitos que hubiera. Si la falta ha desaparecido, la instalación volverá a quedar en servicio. Si la falta persiste, el Vigilante de Aislamiento enviará una nueva orden de cortocircuito al BSF, que procederá a realizar el ciclo de búsqueda. Terminado el mismo, contará un tiempo de dos minutos antes de proceder a quitar los cortocircuitos. Este proceso se repite hasta un total de cinco veces con tiempos de reenganche de 1, 2, 4, 8 y 16 minutos, después de los cinco intentos si la falta persiste, ya no habrá más reconexiones.



CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

- Dispone de 10 contactos de salida para realizar el ciclo de búsqueda de 5 seguidores, dos salidas por seguidor, una para activar y otra para quitar el cortocircuito del INFAC
- Dos entradas para recibir las ordenes de poner y quitar procedentes del vigilante de aislamiento.
- Led Rojo que señala cuando el equipo está realizando actuaciones sobre los INFAC.
- Led Verde frontal indicativo de presencia de tensión auxiliar de alimentación.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Realizado con microcontrolador.
- Caja de plástico para instalación en carril.
- Bornes en carátula frontal.
- Contactos de salida libres de potencial.

DATOS TÉCNICOS

- Tensión Auxiliar: 230 Vca.
- Consumo en reposo: 1.5 W.
- Consumo con defecto: <2W.
- Normas que cumple:
 - o Tensión de prueba de aislamiento
 - o Perturbaciones de alta frecuencia
 - o Transitorios rápidos.
 - o Impulso de tensión
- Propiedades del contacto del relé:
 - o Corriente permanente: 5 A.
 - o Tensión máx. conmut.: 440 Vca.
 - o Pot. Máx. conmutac. : 2000 VA.

MODELOS

BSF-n/ X Y

X = R incluido reenganche

Y = T temporiza un minuto el ciclo de búsqueda

n= 5 para 5 seguidores

n= 10 para 10 seguidores

BASES PORTAFUSIBLES
MODULARES INDUSTRIALES

PMF 1000VDC

nuevo

PMF

BASES PORTAFUSIBLES MODULARES INDUSTRIALES
PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS **PMF 1000VDC**

| POLOS | MODULOS | REFERENCIA | DESCRIPCION | I _n (A) | U (V) | EMBALAJE Unid./CAJA |
|-------|---------|------------|-------------|-----------------------|----------|------------------------|
| 1 | 1 | 481033 | UNIPOLAR | 32 | 1000 | 12/192 |
| 2 | 2 | 481233 | MULTIPOLAR | 32 | 1000 | 6/96 |

10x38



481233



NORMAS

IEC 60269-1 IEC 60947-3
IEC 60269-2 EN 60947-3
EN 60269-1
EN 60269-2

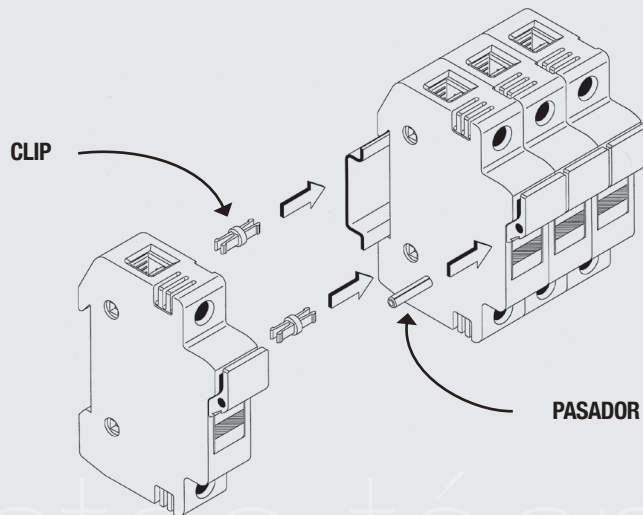
BASES PORTAFUSIBLES MODULARES INDUSTRIALES

MONTAJE DE BASES PORTAFUSIBLES PMF/PMCC/PMX
MONTAJE DE BASES PORTAFUSIBLES PMC

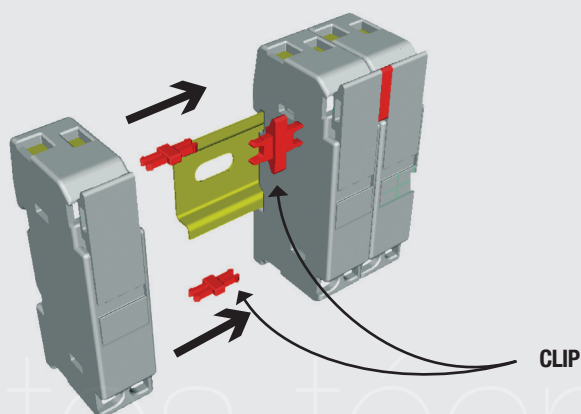
PMF-PMX
PMC-CC CLASS

MONTAJE DE BASES PORTAFUSIBLES PMF-CC CLASS-PMX

ENSAMBLADOS MULTIPOLARES BASES PORTAFUSIBLES PMF(8x31 - 10x38 - 14x51), PMCC y PMX

**MONTAJE DE BASES PORTAFUSIBLES PMC**

ENSAMBLADOS MULTIPOLARES BASES PORTAFUSIBLES PMC



Para el montaje de las bases serían necesarios varios accesorios.

Ejemplos:

- 1 Base BIPOLAR PMF o PMC (2 clips y 1 pasador).
- 1 Base TRIPOLAR PMF o PMC (4 clips y 2 pasadores).

BASES PORTAFUSIBLES MODULARES INDUSTRIALES

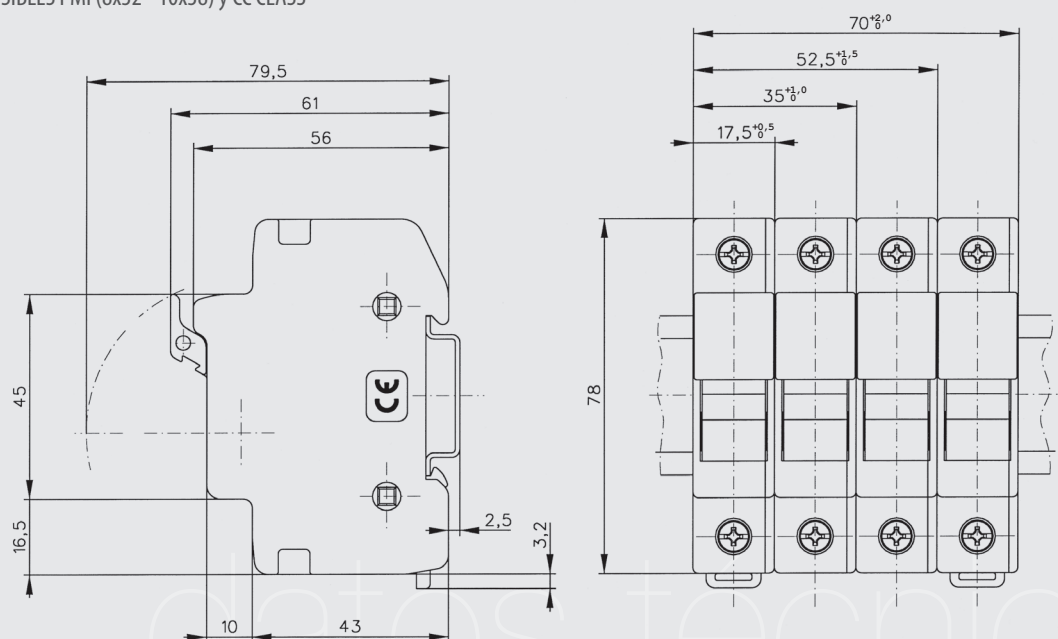
DIMENSIONES

BASES PORTAFUSIBLES PMF-PMCC

PMF-CC CLASS

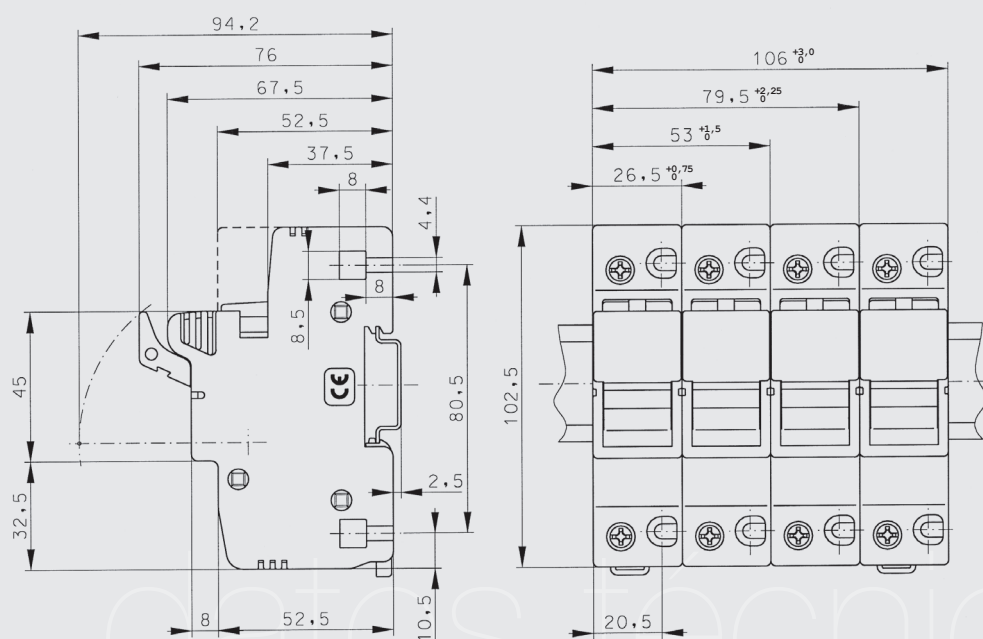
DIMENSIONES

BASES PORTAFUSIBLES PMF(8x32 - 10x38) y CC CLASS



DIMENSIONES

BASES PORTAFUSIBLES PMF 14x51



FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS gR

nuevo

gR

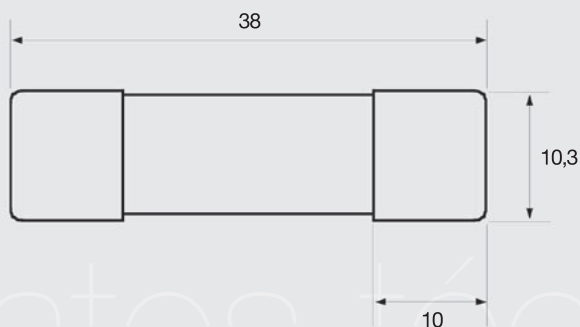
FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS gR

| I_n (A) | REFERENCIA | U (V) | PODER DE CORTE (kA) | EMBALAJE Unid./CAJA |
|--------------|------------|----------|------------------------|------------------------|
| 10x38 | | | | |
| 2 | 491602 | 900 | 30 | 10/100 |
| 3 | 491604 | 900 | 30 | 10/100 |
| 4 | 491605 | 900 | 30 | 10/100 |
| 6 | 491610 | 900 | 30 | 10/100 |
| 8 | 491615 | 900 | 30 | 10/100 |
| 10 | 491620 | 900 | 30 | 10/100 |
| 12 | 491625 | 900 | 30 | 10/100 |
| 16 | 491630 | 900 | 30 | 10/100 |
| 20 | 491635 | 900 | 30 | 10/100 |



491635

DIMENSIONES



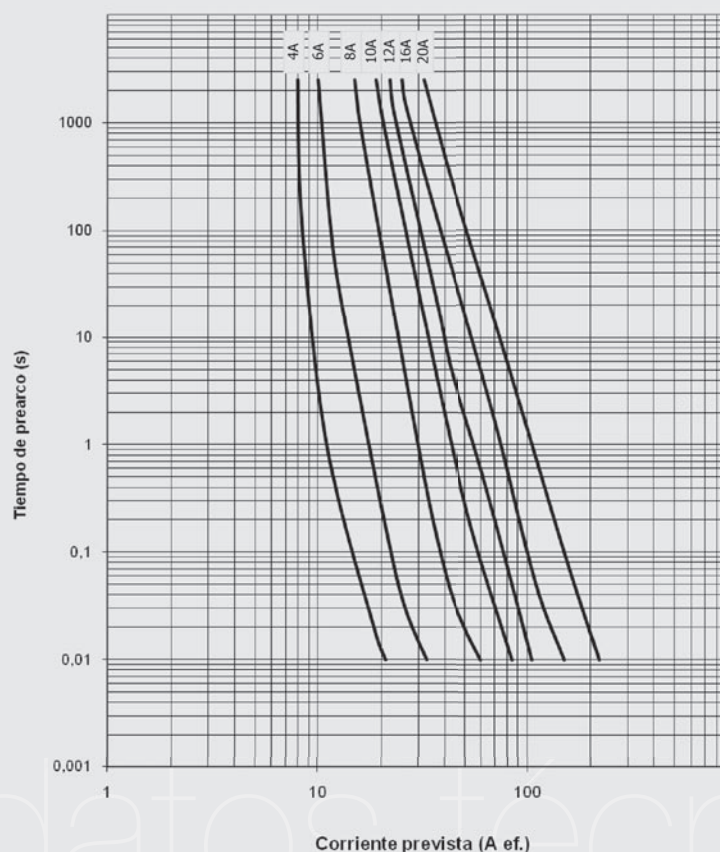
datos técnicos

FUSIBLES CILINDRICOS INDUSTRIALES

FUSIBLES PARA APLICACIONES FOTOVOLTAICAS gR

gR

CARACTERISTICAS t-I gR



CARACTERISTICAS TECNICAS

| CORRIENTE ASIGNADA (A) | REFERENCIA | POTENCIA DISIPADA (W @ 0,8 In) | POTENCIA DISIPADA (W @ In) | I ² t PREARCO (A ² s) | I ² t TOTAL 900V (A ² s) |
|---------------------------|------------|-----------------------------------|-------------------------------|--|---|
| 4 | 491605 | 1,10 | 1,85 | 4 | 15 |
| 6 | 491610 | 1,45 | 2,50 | 9 | 42 |
| 8 | 491615 | 0,95 | 1,60 | 12 | 49 |
| 10 | 491620 | 1,25 | 2,15 | 19 | 69 |
| 12 | 491625 | 1,40 | 2,40 | 28 | 97 |
| 16 | 491630 | 1,80 | 3,10 | 48 | 178 |
| 20 | 491635 | 2,20 | 3,80 | 69 | 248 |

INTERRUPTORES-SECCIONADORES

SOLARTEC



Funciones

Los interruptores Solartec son seccionadores multipolares con mando manual. Permiten abrir o cerrar con seguridad y en carga los circuitos fotovoltaicos en pequeñas huertas solares o instalaciones en edificios.

Conforme a las normas

- IEC 60947-3
- EN 60947-3
- IEC 60364-712
- UNE 20460-7-712

Características generales

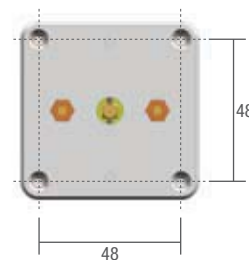
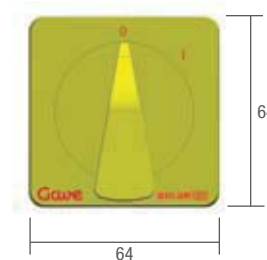
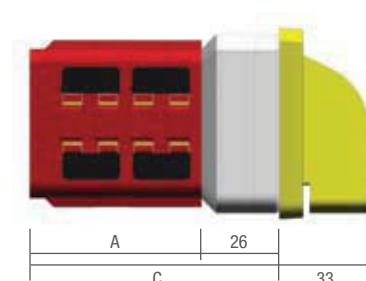
- Mecanismo de maniobra rápida e independiente.
- Seriado de contactos para optimización de las características eléctricas.
- Puentes de seriado de los contactos montados en origen.
- Conexión por bornes de jaula
- Contactos en aleación de plata.
- Cuerpo del interruptor en poliéster autoextinguible.
- Grado de protección del cuerpo IP20

Dimensiones

Tabla de medidas

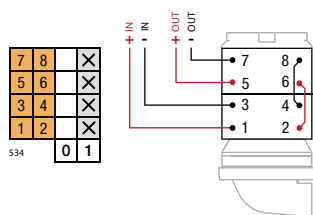
| referencia | contactos | pisos | A | C |
|------------|-----------|-------|------|------|
| A-5342PV0 | 2+2 | 2 | 33,0 | 60,0 |
| A-5362PV0 | 3+3 | 3 | 45,0 | 72,0 |
| A-5382PV0 | 4+4 | 4 | 57,0 | 83,0 |
| A-5102PV0 | 5+5 | 5 | 69,0 | 95,0 |

valores expresados en mm

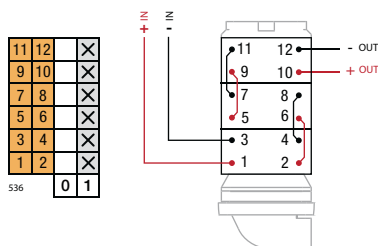


Esquemas eléctricos estándar

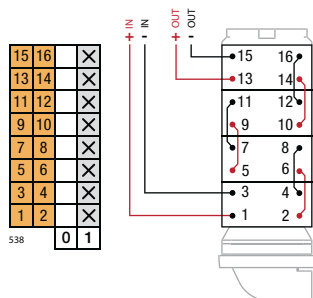
534 4 contactos seriados



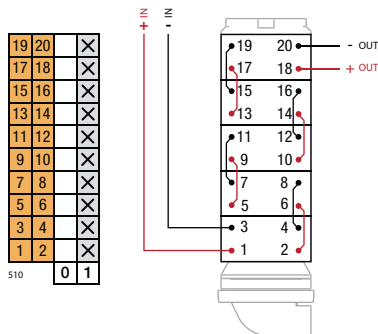
536 6 contactos seriados



538 8 contactos seriados



510 10 contactos seriados




INTERRUPTORES-SECCIONADORES




Características técnicas

| | referencia | A-5342PV0 | A-5362PV0 | A-5382PV0 | A-5102PV0 |
|---------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| tornillos de conexión | | M5 | M5 | M5 | M5 |
| hilo rígido | mm2 | 10 - 25 | 10 - 25 | 10 - 25 | 10 - 25 |
| cable flexible | mm2 | 10 - 16 | 10 - 16 | 10 - 16 | 10 - 16 |
| tensión de impulso | Uimp KV | 4 | 4 | 4 | 4 |
| sección de cable | AWG | 6 | 6 | 6 | 6 |
| par de apriete | Nm | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 |
| categoria de empleo DC-21 | tensión V | | | | |
| | 300V | 35 A | - | - | - |
| | 400V | - | 25 A | - | - |
| | 500V | - | 20 A | - | - |
| | 600V | - | 15 A | 25 A | - |
| | 800V | - | - | 10 A | - |
| | 900V | - | - | - | 25 A |

Modelos

| | descripción | referencia |
|---|--|------------|
|  | interruptor solartec 35A 300VDC | A-5342PV0 |
| | interruptor solartec 25A 400VDC / 20A 500VDC | A-5362PV0 |
| | interruptor solartec 25A 600VDC / 10A 800VDC | A-5382PV0 |
| | interruptor solartec 25A 900VDC | A-5102PV0 |

Accesorios

| | descripción | referencia |
|---|---|------------|
|  | Mando de accionamiento bloqueable por candados | AK1200523 |
|  | Placa de fijación sobre carril DIN | AK0100007 |
|  | Placa de fijación sobre panel | AK0000003 |
|  | Embrague con prolongación, enclavamiento y placa de fijación para accionamiento exterior. | AK1740003 |



Interruptores automáticos Isomax S para aplicaciones hasta 1000V Características eléctricas y generales IEC 60947-2

En el ámbito de las propuestas Isomax cabe incluir la gama de interruptores automáticos y de interruptores de manobra-seccionadores para aplicaciones en corriente continua y en corriente alterna hasta 1000V.

Estos interruptores se emplean normalmente para instalaciones en minas, túneles de carreteras o ferrocarriles, tracción y aplicaciones industriales en general.

Los interruptores automáticos para corriente continua (véanse los esquemas de conexión en la página 5/47) están disponibles en versión tetrapolar, mientras que los de corriente alterna están disponibles en versión tripolar, con relés termomagnéticos regulables o electrónicos y tienen las mismas dimensiones que las versiones estándares.

También se pueden combinar con todos los accesorios disponibles para la serie Isomax.

Gama a 1000 V en c.a.

| | | S3 | |
|--|----------------------------------|--------------|--|
| Corriente permanente asignada, Iu | [A] | 160 | |
| Polos | Nr. | 3 | |
| Tensión asignada de servicio, Ue (AC) 50-60Hz | [V] | 1000 | |
| Tensión asignada soportada a impulso, Uimp | [kV] | 8 | |
| Tensión asignada de aislamiento, Ui | [V] | 1000 | |
| Tensión de prueba a frecuencia industrial por 1 min. | | 3000 | |
| Poder asignado de corte último en cortocircuito, Icu (AC) 50-60 Hz 1000 V | [kA] | L | |
| Poder asignado de cierre en cortocircuito | [kA] | 9,2 | |
| Tiempo de apertura | [ms] | 20 | |
| Corriente asignada de corta duración admisible por 1 s, Icw | [kA] | | |
| Categoría de empleo (EN 60947-2) | | A | |
| Aptitud al seccionamiento | | ■ | |
| IEC 60947-2, EN 60947-2 | | ■ | |
| Relés termomagnéticos T regulable, M fijo 10 lth | | ■ | |
| Relés con microprocesador PR211/P (sólo LI) | | | |
| Relés con microprocesador PR212/P (LSI-LSIG) | | | |
| Versiones | | F | |
| Terminales | | F | |
| Fijación sobre perfil DIN | | DIN EN 50023 | |
| Durabilidad mecánica | [Nº maniobras/ operaciones hora] | 25000/120 | |
| Dimensiones | L [mm] | 105 | |
| | P [mm] | 103,5 | |
| | H [mm] | 170 | |
| Pesos | [kg] | 2,6 | |

Gama a 1000 V en c.c.

| | | S3 | S5 | S6 | S6 |
|--|----------------------------------|----------------|--------------|------------|------------|
| Corriente permanente asignada, Iu | [A] | 160-250 | 400 | 630 | 800 |
| Polos | Nr. | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Tensión asignada de servicio, Ue | [V -] | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Tensión asignada soportada a impulso, Uimp | [kV] | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Tensión asignada de aislamiento, Ui | [V] | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Tensión de prueba a frecuencia industrial por 1 min. | | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Poder asignado de corte último en cortocircuito, Icu (4 polos en serie) | [kA] | L | L | L | L |
| Poder asignado de cierre en cortocircuito | [kA] | 40 | 40 | 40 | 50 |
| Tiempo de apertura | [ms] | 25 | 35 | 45 | 50 |
| Corriente asignada de corta duración admisible por 1 s, Icw | [kA] | — | 5 | 7,6 | 10 |
| Categoría de empleo (EN 60947-2) | | A | B | B | B |
| Aptitud al seccionamiento | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| IEC 60947-2, EN 60947-2 | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Relés termomagnéticos T regulable, M fijo 10 lth | | ■ | — | — | — |
| Relés termomagnéticos T regulable, M regulable | | — | ■ | ■ | ■ |
| Versiones | | F | F | F | F |
| Terminales | | F | F | F | F |
| Fijación sobre perfil DIN | | DIN EN 50023 | DIN EN 50023 | — | — |
| Durabilidad mecánica | [Nº maniobras/ operaciones hora] | 25000/120 | 20000/120 | 20000/120 | 20000/120 |
| Dimensiones básicas, fijo | L [mm] | 140 | 184 | 280 | 280 |
| | P [mm] | 103,5 | 103,5 | 103,5 | 103,5 |
| | H [mm] | 170 | 254 | 268 | 268 |
| Pesos, fijo | [kg] | 3,5 | 7 | 12 | 12 |

| | S3X | S4 | S4X | S5 | S6 | S6X |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|-----------|
| | 125 | 160-250 | 250 | 400 | 630-800 | 630 |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| | X | L | X | L | L | X |
| | 30 | 8 | 30 | 8 | 12 | 30 |
| | 63 | 13,6 | 63 | 13,6 | 24 | 63 |
| | 10 | 30 | 20 | 30 | 30 | 25 |
| | | | | 5 | 7,6 (630A)-10 (800A) | |
| | A | A | A | B | B | A |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| | | | | | | |
| | F | F | F | F | F | F |
| | F | F | F | F | F | F |
| | DIN EN 50023 | DIN EN 50023 | DIN EN 50023 | DIN EN 50023 | — | — |
| | 25000/120 | 20000/120 | 20000/120 | 20000/120 | 20000/120 | 20000/120 |
| | 105 | 105 | 105 | 140 | 210 | 210 |
| | 103,5 | 103,5 | 103,5 | 103,5 | 103,5 | 103,5 |
| | 255 | 254 | 254 | 254 | 268 | 406 |
| | 3,6 | 4 | 4 | 5 | 9,5 | 15 |

Interruptores automáticos con relé electrónico para corriente alterna

| | In100 | In250 | In400 | In630 | In800 |
|-------------------------------------|------------|------------|--------------|------------|-------------|
| S4L 160 | ■ | — | — | — | — |
| S4L 250 | — | ■ | — | — | — |
| S4X 250 | — | ■ | — | — | — |
| S5L 400 | — | — | ■ | — | — |
| S6L 630 | — | — | — | ■ | — |
| S6X 630 | — | — | — | ■ | — |
| S6L 800 | — | — | — | — | ■ |
| $I_m = 1,5 \dots 12 \times I_n$ [A] | 150...1200 | 375...3000 | 600 ... 4800 | 945...7560 | 1200...9600 |

Interruptores automáticos con relé termomagnético para corriente alterna

(umbral térmico regulable entre 0,7 y 1 xIn; umbral magnético fijo)

| | R32 | R50 | R80 | R100 | R125 | R160 | R200 | R250 |
|----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| S3L 160 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | — | — |
| S3X 125 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | — | — | — |
| I_m AC (10xIn) [A] | 500 | 500 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 |

Interruptores automáticos con relé termomagnético para corriente continua

| | R32 (1) | R50 (1) | R80 (1) | R100 (1) | R125 (1) | R160 (1) | R200 (1) | R250 (1) | R400 (2) | R630 (2) | R800 (2) |
|------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| S3L 160 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | — | — | — | — | — |
| S3L 250 | — | — | — | — | — | — | ■ | ■ | — | — | — |
| S5L 400 | — | — | — | — | — | — | — | — | ■ | — | — |
| S6L 630 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ■ | — |
| S6L 800 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ■ |
| I_m DC (10xIn) [A] | 500 | 500 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | — | — | — |
| I_m DC (5-10xIn) [A] | | | | | | | | | 2000-4000 | 3150-6300 | 4000-8000 |

(1) Umbral térmico regulable entre 0,7 y 1 xIn; umbral magnético fijo -

(2) Umbral térmico regulable entre 0,7 y 1 xIn; umbral térmico regulable entre 5 y 10 xIn.

Características técnicas

Protectores contra sobretensiones OVR - Tipo 2



| Características técnicas | | Tipo 2 (enchufable) OVR T2 ■ ■ ■ (s) P (TS) | | | Varistor | | |
|---|-----------------|---|--|---|----------|--|--|
| Tecnología | | | | | | | |
| Características eléctricas | | | | | | | |
| Standard | | IEC 61643-1 / EN 61643-11 | | | | | |
| Tipo / Clase test | | 2 / II | | | | | |
| Polos | | 1P ■ | 1P ■ , 3P ■ , 4P ■ | 1P+N ■ , 3P+N ■ | | | |
| Tipo de red | | IT | TNS - TNC | TT | | | |
| Tipo de corriente | | A.C. | A.C. | A.C. | | | |
| Tensión nominal Un | V | 400 | 230 | 230 | | | |
| Tensión máx. en operación continua Uc | V | 440 | 275 | - | | | |
| Tensión máx. en operación continua Uc (L-N / N- \perp) | V | - | - | 275 / 255 | | | |
| Corriente máx. de descarga Imáx (8/20) por polo | kA | 15 40 70 | 15 40 70 | - | | | |
| Corriente máx. de descarga Imáx (8/20) (L-N / N- \perp) | kA | - | - | 15 /70 40 /70 70 /70 | | | |
| Corriente nominal de descarga In (8/20) por polo | kA | 5 20 30 | 5 20 30 | - | | | |
| Corriente nominal de descarga In (8/20) (L-N / N- \perp) | kA | - | - | 5/30 20/30 30/30 | | | |
| Nivel de protección de tensión Up | kV | 1.5 1.9 2 | 1 1.4 1.5 | - | | | |
| Nivel de protección de tensión Up (L-N / N- \perp) | kV | - | - | 1/1.4 1.4/1.4 1.5/1.4 | | | |
| Corriente de seguimiento Ifi | kArms | NA | NA | - | | | |
| Corriente de seguimiento Ifi (L-N / N- \perp) | kArms | - | - | NA / 0.1 | | | |
| Resistencia TOV U _T (5s.) | V | 440 440 440 | 334 | - | | | |
| Resistencia TOV U _T (L-N: 5s. / N- \perp : 200ms.) | V | - | - | 334 / 1200 | | | |
| Corriente en operación continua Ic | mA | < 1 | < 1 | < 1 | | | |
| Capacidad de resistencia al cortocircuito | kArms | 50 | 50 | 50 | | | |
| Dispositivo de corte asociado | | | | | | | |
| Fusible gG -gL | A | 32 | 32 | 32 | | | |
| Int. Aut. Curva C | A | 40 | 40 | 40 | | | |
| Características mecánicas | | | | | | | |
| Temperatura de almacenaje y operación | °C | -40 a +80 | | | | | |
| Grado de protección | | IP 20 | | | | | |
| Resistencia al fuego de acuerdo UL 94 | | V0 | | | | | |
| Material de la caja | | PC gris RAL 7035 | | | | | |
| Cartucho enchufable | | Sí | | | | | |
| Deconexión térmica integrada | | Sí | | | | | |
| Indicador de estado | | Sí | | | | | |
| Reserva de seguridad | | Opción (s) | | | | | |
| Señalización a distancia | | Opción (TS) | | | | | |
| Instalación | | | | | | | |
| Terminales de conexión (L, N, \perp) | | | | | | | |
| cable rígido | mm ² | 2.5 ... 25 | | | | | |
| cable flexible | mm ² | 2.5 ... 16 | | | | | |
| Longitud conductor desnudo (L, N, \perp) | mm | 12.5 | | | | | |
| Par de apriete (L, N, \perp) | Nm | 2.8 | | | | | |






















Características técnicas del contacto auxiliar integrado

| | | | |
|----------------------------|-----------------|--|--|
| Características eléctricas | | | |
| Contactos | | 1NO (1 contacto normalmente abierto), +1NC (1 contacto normalmente cerrado) | |
| Mín. carga | | 12V D.C. - 10 mA | |
| Máx. carga | | 250V A.C. - 1 A | |
| Corriente en operación | mA | No | |
| Instalación | | | |
| Sección | mm ² | 1.5 | |

Características técnicas

Protectores contra sobretensiones OVR - Tipo 2



| | Tipo 2 (no enchufable) OVR  10 275 | Tipo 2 (no enchufable) OVR T2   275 | Tipo 2 Fotovoltaico OVR PV   (s) P (TS) | Telecomunicaciones / Datos OVR TC ... P | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|--|--|-----|----|----|-----|-----|-----|
| | Varistor | Varistor | Varistor | | | | | | | | | |
| | IEC 61643-1 / EN 61643-11 | IEC 61643-1 / EN 61643-11 | IEC 61643-1 / EN 61643-11 | IEC 61643-21 | | | | | | | | |
| | 2 / II | 2 / II | 2 / II | TC | | | | | | | | |
| | 1P+N  1N, 3P+N  | 1P  , 3P  , 4P  3P+N  |   | 1 par | | | | | | | | |
| | TNS - TT | TNS - TNC - TT | Sistemas PV | Datos / Telecomunicaciones | | | | | | | | |
| | A.C. | A.C. | D.C. | D.C. | D.C. | Baja corriente | | | | | | |
| | 230 | 230 |  75 |  600 |  1000 | 6 | 12 | 24 | 48 | 200 | 200 | |
| | - | 275 | 106 | 700 | 1200 | 7 | 14 | 27 | 53 | 220 | 220 | |
| | 275 / 255 | - | - | - | - | - | | | | | | |
| | - |  15 |  40 |  30 |  40 |  40 | 10 | | | | | |
| | 10 / 10 | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | - | 5 | 20 | 10 | 20 | 20 | 5 | | | | | |
| | 2 / 2 | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | - | 1 | 1.4 | - | - | - | 15 | 20 | 35 | 70 | 700 | 300 |
| | 0.9 / 0.9 | - | 1.4 / 1.4 | 0.3 / 0.6 | 2.8 / 1.4 | 3.8 | - | | | | | |
| | - | NA | - | - | - | - | - | | | | | |
| | NA / 0.1 | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | - | 334 | - | - | - | - | - | | | | | |
| | 334 / 1200 | - | - | - | - | - | - | | | | | |
| | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | < 1 | 140 | | | | | |
| | 10 | 50 | - | - | - | - | - | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | 32 | - | - | - | - | - | | | | | |
| | 10 | 40 | - | - | - | - | - | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | -40 a +80 | -40 a +80 | -40 a +80 | -40 a +80 | | | | | | | | |
| | IP 20 | IP 20 | IP 20 | IP 20 | | | | | | | | |
| | V0 | V0 | V0 | V0 | | | | | | | | |
| | PC gris RAL 7035 | PC gris RAL 7035 | PC gris RAL 7035 | PC gris RAL 7035 | | | | | | | | |
| | No | No | Sí | Sí | | | | | | | | |
| | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | Sí | No | No | Sí | |
| | Sí | Sí | Sí | No | | | | | | | | |
| | No | No | Opción (s) | No | | | | | | | | |
| | No | No | | No | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | 2.5 ... 25 | 2.5 ... 25 | 2.5 ... 25 | 0.5 ... 2.5 | | | | | | | | |
| | 2.5 ... 16 | 2.5 ... 16 | 2.5 ... 16 | 0.5 ... 2.5 | | | | | | | | |
| | 12.5 | 12.5 | 12.5 | - | | | | | | | | |
| | 2.8 | 2.8 | 2.8 | - | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | - | - | 1NO (1 contacto normalmente abierto), | - | | | | | | | | |
| | - | - | +1NC (1 contacto normalmente cerrado) | - | | | | | | | | |
| | - | - | 12V D.C. - 10 mA | - | | | | | | | | |
| | - | - | 250V A.C. - 1 A | - | | | | | | | | |
| | - | - | No | - | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | - | - | 1.5 | - | | | | | | | | |

Interruptores automáticos para distribución de potencia

Características eléctricas

| | |
|--|---|
| Corriente permanente asignada | [A] |
| Polos | [N°] |
| Tensión asignada de servicio, Ue | (AC) 50-60 Hz [V] |
| | (DC) [V] |
| Tensión asignada soportada a impulso, Uimp | [kV] |
| Tensión asignada de aislamiento, Ui | [V] |
| Tensión de prueba a frecuencia industrial 1 min. | [V] |
| Poder asignado de corte último en cortocircuito, Icu | |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [kA] |
| (DC) 250 V - 2 polos en serie | [kA] |
| (DC) 250 V - 3 polos en serie | [kA] |
| (DC) 500 V - 2 polos en serie | [kA] |
| (DC) 500 V - 3 polos en serie | [kA] |
| (DC) 750 V - 3 polos en serie | [kA] |
| Poder asignado de corte de servicio en cortocircuito, Ics | |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [%Icu] |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [%Icu] |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [%Icu] |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [%Icu] |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [%Icu] |
| Poder asignado de cierre en cortocircuito, Icm | |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [kA] |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [kA] |
| Tiempo de apertura (415 V) | [ms] |
| Categoría de uso (IEC 60947-2) | |
| Norma de referencia | |
| Aptitud al seccionamiento | |
| Relés: | termomagnético |
| | T fijo, M fijo TMF |
| | T regulable, M fijo TMD |
| | T regulable, M regulable (5...10 x In) TMA |
| | T regulable, M fijo (3 x In) TMG |
| | T regulable, M regulable (2,5...5 x In) TMG |
| | sólo magnético MA |
| | electrónico PR221DS |
| | PR221GP/PR221MP |
| | PR222DS |
| | PR223DS |
| | PR231/P |
| | PR232/P |
| | PR331/P |
| | PR332/P |
| Intercambiabilidad | |
| Ejecuciones | |
| Terminales fijo | |
| | enchufable |
| | extraíble |
| Fijación a perfil DIN | |
| Durabilidad mecánica | [N° Maniobras] |
| | [N° Maniobras/hora] |
| Durabilidad eléctrica @ 415 V AC | [N° Maniobras] |
| | [N° Maniobras/hora] |
| Dimensiones básicas fijo | 3 polos L [mm] |
| | 4 polos L [mm] |
| | P [mm] |
| | H [mm] |
| Peso fijo | 3/4 polos [kg] |
| | enchufable 3/4 polos [kg] |
| | extraíble 3/4 polos [kg] |

LEYENDA TERMINALES
F = Anteriores
EF = Anteriores prolongados
ES = Anteriores prolongados separadores

FC Cu = Anteriores para cables de cobre
FC CuAl = Anteriores para cables de CuAl
R = Posteriores orientables
HR = Posteriores en pletina horizontales

VR = Posteriores en pletina verticales
HR/VR = Posteriores en pletina orientables
MC = Multicable
F = Interruptor fijo

P = Interruptor enchufable
W = Interruptor extraíble
El poder de corte para las regulaciones
In=16 A e In=20 A es de 16 kA

| Tmax T1 1P | | Tmax T1 | | | Tmax T2 | | | |
|---------------|---------------------|---------|------|--|-------------------------|------|------|-------------|
| 160 | | 160 | | | 160 | | | |
| 1 | | 3/4 | | | 3/4 | | | |
| 240 | | 690 | | | 690 | | | |
| 125 | | 500 | | | 500 | | | |
| 8 | | 8 | | | 8 | | | |
| 500 | | 800 | | | 800 | | | |
| 3000 | | 3000 | | | 3000 | | | |
| B | B | C | N | | N | S | H | L |
| 25* | 25 | 40 | 50 | | 65 | 85 | 100 | 120 |
| – | 16 | 25 | 36 | | 36 | 50 | 70 | 85 |
| – | 10 | 15 | 22 | | 30 | 45 | 55 | 75 |
| – | 8 | 10 | 15 | | 25 | 30 | 36 | 50 |
| – | 3 | 4 | 6 | | 6 | 7 | 8 | 10 |
| 25 (a 125 V) | 16 | 25 | 36 | | 36 | 50 | 70 | 85 |
| – | 20 | 30 | 40 | | 40 | 55 | 85 | 100 |
| – | – | – | – | | – | – | – | – |
| – | 16 | 25 | 36 | | 36 | 50 | 70 | 85 |
| – | – | – | – | | – | – | – | – |
| | | | | | | | | |
| 75% | 100% | 75% | 75% | | 100% | 100% | 100% | 100% |
| – | 100% | 100% | 75% | | 100% | 100% | 100% | 75% (70 kA) |
| – | 100% | 75% | 50% | | 100% | 100% | 100% | 75% |
| – | 100% | 75% | 50% | | 100% | 100% | 100% | 75% |
| – | 100% | 75% | 50% | | 100% | 100% | 100% | 75% |
| | | | | | | | | |
| 52,5 | 52,5 | 84 | 105 | | 143 | 187 | 220 | 264 |
| – | 32 | 52,5 | 75,6 | | 75,6 | 105 | 154 | 187 |
| – | 17 | 30 | 46,2 | | 63 | 94,5 | 121 | 165 |
| – | 13,6 | 17 | 30 | | 52,5 | 63 | 75,6 | 105 |
| – | 4,3 | 5,9 | 9,2 | | 9,2 | 11,9 | 13,6 | 17 |
| 7 | 7 | 6 | 5 | | 3 | 3 | 3 | 3 |
| A | A | | | | A | | | |
| IEC 60947-2 | IEC 60947-2 | | | | IEC 60947-2 | | | |
| ■ | ■ | | | | ■ | | | |
| | | | | | | | | |
| ■ | – | | | | – | | | |
| – | ■ | | | | ■ | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | ■ ⁽²⁾ | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | ■ (MF hasta In 12,5 A) | | | |
| – | – | | | | ■ | | | |
| – | – | | | | ■ | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| F | F | | | | F-P | | | |
| FC Cu | FC Cu-EF-FC CuAl-HR | | | | F-FC Cu-FC CuAl-EF-ES-R | | | |
| – | – | | | | F-FC Cu-FC CuAl-EF-ES-R | | | |
| – | – | | | | – | | | |
| – | DIN EN 50022 | | | | DIN EN 50022 | | | |
| 25000 | 25000 | | | | 25000 | | | |
| 240 | 240 | | | | 240 | | | |
| 8000 | 8000 | | | | 8000 | | | |
| 120 | 120 | | | | 120 | | | |
| 25,4 (1 polo) | 76 | | | | 90 | | | |
| – | 102 | | | | 120 | | | |
| 70 | 70 | | | | 70 | | | |
| 130 | 130 | | | | 130 | | | |
| 0,4 (1 polo) | 0,9/1,2 | | | | 1,1/1,5 | | | |
| – | – | | | | 1,5/1,9 | | | |
| – | – | | | | – | | | |

| Tmax T3 | | Tmax T4 | | | | | Tmax T5 | | | | | Tmax T6 | | | | Tmax T7 | | | |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|------|------|------|------|--------------------------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|--|------|------|-----|--|------|------|------------------|
| 250 | | 250/320 | | | | | 400/630 | | | | | 630/800/1000 | | | | 800/1000/1250/1600 | | | |
| 3/4 | | 3/4 | | | | | 3/4 | | | | | 3/4 | | | | 3/4 | | | |
| 690 | | 690 | | | | | 690 | | | | | 690 | | | | 690 | | | |
| 500 | | 750 | | | | | 750 | | | | | 750 | | | | – | | | |
| 8 | | 8 | | | | | 8 | | | | | 8 | | | | 8 | | | |
| 800 | | 1000 | | | | | 1000 | | | | | 1000 | | | | 1000 | | | |
| 3000 | | 3500 | | | | | 3500 | | | | | 3500 | | | | 3500 | | | |
| N | S | N | S | H | L | V | N | S | H | L | V | N | S | H | L | S | H | L | V ⁽⁶⁾ |
| 50 | 85 | 70 | 85 | 100 | 200 | 200 | 70 | 85 | 100 | 200 | 200 | 70 | 85 | 100 | 200 | 85 | 100 | 200 | 200 |
| 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 200 | 36 | 50 | 70 | 120 | 200 | 36 | 50 | 70 | 100 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 25 | 40 | 30 | 40 | 65 | 100 | 180 | 30 | 40 | 65 | 100 | 180 | 30 | 45 | 50 | 80 | 50 | 65 | 100 | 130 |
| 20 | 30 | 25 | 30 | 50 | 85 | 150 | 25 | 30 | 50 | 85 | 150 | 25 | 35 | 50 | 65 | 40 | 50 | 85 | 100 |
| 5 | 8 | 20 | 25 | 40 | 70 | 80 | 20 | 25 | 40 | 70 | 80 | 20 | 22 | 25 | 30 | 30 | 42 | 50 | 60 |
| 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 100 | 150 | 36 | 50 | 70 | 100 | 150 | 36 | 50 | 70 | 100 | – | – | – | – |
| 40 | 55 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | 25 | 36 | 50 | 70 | 100 | 25 | 36 | 50 | 70 | 100 | 20 | 35 | 50 | 65 | – | – | – | – |
| 36 | 50 | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| – | – | 16 | 25 | 36 | 50 | 70 | 16 | 25 | 36 | 50 | 70 | 16 | 20 | 36 | 50 | – | – | – | – |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% (27 kA) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% ⁽¹⁾ | 100% ⁽²⁾ | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 75% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% ⁽¹⁾ | 100% ⁽²⁾ | 100% ⁽²⁾ | 75% | 75% | 75% | 75% | 100% | 75% | 75% | 75% |
| 105 | 187 | 154 | 187 | 220 | 440 | 660 | 154 | 187 | 220 | 440 | 660 | 154 | 187 | 220 | 440 | 187 | 220 | 440 | 440 |
| 75,6 | 105 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 440 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 440 | 75,6 | 105 | 154 | 220 | 105 | 154 | 264 | 330 |
| 52,5 | 84 | 63 | 84 | 143 | 220 | 396 | 63 | 84 | 143 | 220 | 396 | 63 | 94,5 | 105 | 176 | 105 | 143 | 220 | 286 |
| 40 | 63 | 52,5 | 63 | 105 | 187 | 330 | 52,5 | 63 | 105 | 187 | 330 | 52,5 | 73,5 | 105 | 143 | 84 | 105 | 187 | 220 |
| 7,7 | 13,6 | 40 | 52,5 | 84 | 154 | 176 | 40 | 52,5 | 84 | 154 | 176 | 40 | 46 | 52,5 | 63 | 63 | 88,2 | 105 | 132 |
| 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 9 | 8 | 7 | 15 | 10 | 8 | 8 |
| A | | A | | | | | B (400 A) ⁽³⁾ - A (630 A) | | | | | B (630A - 800A) ⁽⁵⁾ - A (1000A) | | | | B ⁽⁷⁾ | | | |
| IEC 60947-2 | | IEC 60947-2 | | | | | IEC 60947-2 | | | | | IEC 60947-2 | | | | IEC 60947-2 | | | |
| ■ | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | ■ | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | – | | | |
| ■ | | ■ (hasta 50 A) | | | | | – | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | ■ (hasta 250 A) | | | | | ■ (hasta 500 A) | | | | | ■ (hasta 800 A) ⁽⁴⁾ | | | | – | | | |
| ■ | | – | | | | | – | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | – | | | | | ■ (hasta 500 A) | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | – | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | – | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | ■ | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | ■ | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | ■ | | | |
| – | | – | | | | | – | | | | | – | | | | ■ | | | |
| – | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | ■ | | | |
| F-P | | F-P-W | | | | | F-P-W | | | | | F-W ⁽⁴⁾ | | | | F-W | | | |
| F-FC Cu-FC Cu Al-EF-ES-R | | F-FC Cu-FC CuAl-EF-ES-R-MC | | | | | F-FC CuAl-EF-ES-R-RC | | | | | F-CuAl-EF-ES-R-RC | | | | F-EF-ES-FC CuAl-HR-VR | | | |
| F-FC Cu-FC Cu Al-EF-ES-R | | EF-ES-HR-VR-FC Cu-FC CuAl | | | | | EF-ES-HR-VR-FC Cu-FC CuAl | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | EF-ES-HR-VR-FC Cu-FC CuAl | | | | | EF-ES-HR-VR-FC Cu-FC CuAl | | | | | EF-HR-VR | | | | EF-HR-VR-RS-ES | | | |
| DIN EN 50022 | | – | | | | | – | | | | | – | | | | – | | | |
| 25000 | | 20000 | | | | | 20000 | | | | | 20000 | | | | 10000 | | | |
| 240 | | 240 | | | | | 120 | | | | | 120 | | | | 60 | | | |
| 8000 | | 8000 (250 A) - 6000 (320 A) | | | | | 7000 (400 A) - 5000 (630 A) | | | | | 7000 (630A) - 5000 (800A) - 4000 (1000A) | | | | 2000 (versiones S,H,L) / 3000 (version V) | | | |
| 120 | | 120 | | | | | 60 | | | | | 60 | | | | 60 | | | |
| 105 | | 105 | | | | | 140 | | | | | 210 | | | | 210 | | | |
| 140 | | 140 | | | | | 184 | | | | | 280 | | | | 280 | | | |
| 70 | | 103,5 | | | | | 103,5 | | | | | 103,5 | | | | 154 (manual) / 178 (motorizable) | | | |
| 150 | | 205 | | | | | 205 | | | | | 268 | | | | 268 | | | |
| 1,5/2 | | 2,35/3,05 | | | | | 3,25/4,15 | | | | | 9,5/12 | | | | 9,7/12,5 (manual) - 11/14 (motorizable) | | | |
| 2,7/3,7 | | 3,6/4,65 | | | | | 5,15/6,65 | | | | | – | | | | – | | | |
| – | | 3,85/4,9 | | | | | 5,4/6,9 | | | | | 12,1/15,1 | | | | 29,7/39,6 (manual) - 32/42,6 (motorizable) | | | |

(1) 75% para T5 630

(2) 50% para T5 630

(3) Icw = 5 kA

(4) No disponible en T6 1000 A

(5) Icw = 7,6 kA (630 A) - 10 kA (800 A)

(6) Sólo para T7 800/1000/1250 A

(7) Icw = 20 kA (versiones S,H,L) - 15 kA (version V)

(8) Consultar con ABB para disponibilidad

Nota: en la ejecución enchufable de T2, T3 y T5 630 y en la ejecución extraíble de T5 630, la máxima regulación esta declarada del 10% a 40 °C

Interruptores automáticos para distribución de potencia

Características generales

La serie de interruptores automáticos en caja moldeada Tmax, conformes a la Norma IEC 60947-2, consta de siete tamaños básicos, con un campo de aplicación entre 1 A y 1600 A y poderes de corte entre 16 kA y 200 kA (a 380/415 V AC).

Para la protección de redes en corriente alterna se encuentran disponibles:

- el interruptor automático T1B 1p está provisto de relé termomagnético TMF con umbral térmico y umbral magnético fijos ($I_3 = 10 \times I_n$);
- los interruptores automáticos Tmax T1, T2, T3 y T4 (hasta 50 A) están provistos de relés termomagnéticos TMD con umbral térmico ajustable ($I_1 = 0,7...1 \times I_n$) y umbral magnético fijo ($I_3 = 10 \times I_n$);
- los interruptores T2, T3 y T5 están provistos de relés para protección de cables largos y de generadores TMG con umbral térmico regulable ($I_1 = 0,7...1 \times I_n$), umbral magnético fijo ($I_3 = 3 \times I_n$) para T2, T3 y umbral magnético regulable ($I_3 = 2,5...5 \times I_n$) para T5;
- los interruptores automáticos Tmax T4, T5 y T6 están provistos de relés termomagnéticos TMA con umbral térmico regulable ($I_1 = 0,7...1 \times I_n$) y umbral magnético regulable ($I_3 = 5...10 \times I_n$);
- T2 con relé electrónico PR221DS;
- T4, T5 y T6 con relés electrónicos PR221DS, PR222DS/P, PR222DS/PD, PR223DS;
- el interruptor T7, que integra la familia Tmax hasta 1600 A, está equipado con relés electrónicos PR231/P, PR232/P, PR331/P y PR332/P. El interruptor T7 está disponible en las dos versiones con mando manual o mando motorizado de energía acumulada ⁽¹⁾.

El campo de uso en corriente alterna de la serie Tmax varía de 1 A a 1600 A con tensiones hasta 690 V. Los interruptores automáticos Tmax T1, T2, T3, T4, T5 y T6 equipados con TMF, TMD y TMA se utilizan también en instalaciones de corriente continua, con un campo de aplicación entre 1 A y 800 A y una tensión mínima de funcionamiento de 24 V DC, según los diagramas de conexionado correspondientes.

Los interruptores automáticos T2, T3 y T4 tripolares también se pueden dotar de relés sólo magnéticos regulables MF y MA, en aplicaciones en corriente alterna y continua, en particular, para funciones destinadas a la protección de motores (véase la pág. 2/45 y siguientes).

Para todos los interruptores de la serie, equipados con relés magnetotérmicos y electrónicos, se define la corriente de actuación en una fase (ver pág. 4/57).

⁽¹⁾ Para realizar la motorización, es necesario pedir el interruptor T7 con mando de energía acumulada, provisto de motorreductor para la carga automática de los resortes, bobina de apertura y bobina de cierre.

Intercambiabilidad

Los interruptores automáticos Tmax T4, T5 y T6 se pueden equipar con los relés termomagnéticos TMF, TMD, TMG o TMA, sólo magnéticos MA o electrónicos PR221DS, PR222DS/P, PR222DS/PD, PR222MP y PR223DS. Análogamente, Tmax T7 puede incorporar también los relés electrónicos de nueva generación PR232/P, PR331/P⁽¹⁾ y PR332/P⁽¹⁾.

Relés

| Interruptores | TMD | | | TMA | | | | | | | | | | TMG | | | | |
|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| In [A] | 20 | 32 | 50 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 | 800 | 320 | 400 | 500 | |
| T4 250 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| T4 320 | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | ▲ | | | | | | | | | |
| T5 400 | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | ▲ | ▲ | | |
| T5 630 | | | | | | | | | | ▲ | ▲ | ■ | | | ▲ | ▲ | ▲ | |
| T6 630 | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| T6 800 | | | | | | | | | | | | | | ■ | | | | |
| T6 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T7 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T7 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T7 1250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T7 1600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

■ = Interruptor ya codificado
▲ = Interruptor por ensamblar

⁽¹⁾ Si se piden los relés PR331/P y PR332/P sueltos, éstos deberán integrarse con los "adaptadores de la unidad de protección" véase la pág. 3/42).

Campo de aplicación de los interruptores en corriente alterna y corriente continua

| AC | Relé | Rango [A] |
|------------------------------|----------------------|------------|
| T1 1p 160 | TMF | 16...160 |
| T1 160 | TMD | 16...160 |
| T2 160 | TMD | 1,6...160 |
| | TMG | 16...160 |
| | MF/MA | 1...100 |
| | PR221DS | 10...160 |
| | PR221GP | 63...160 |
| | PR221MP | 40...100 |
| T3 250 | TMG | 63...250 |
| | TMD | 63...250 |
| | MA | 100...200 |
| | MA | 10...200 |
| T4 250/320 | TMD | 20...50 |
| | TMA | 80...250 |
| | MA | 10...200 |
| | PR221DS | 100...320 |
| | PR222DS/P-PR222DS/PD | 100...320 |
| | PR223DS | 160...320 |
| T5 400/630 | TMG | 320...500 |
| | TMA | 320...500 |
| | PR221DS | 320...630 |
| | PR222DS/P-PR222DS/PD | 320...630 |
| | PR223DS | 320...630 |
| | TMA | 630...800 |
| T6 630/800/1000 | PR221DS | 630...1000 |
| | PR222DS/P-PR222DS/PD | 630...1000 |
| | PR223DS | 630...1000 |
| | PR231/P-PR232/P | 400...1600 |
| T7 800/1000/1250/1600 | PR331/P-PR332/P | 400...1600 |
| | PR331/P-PR332/P | 400...1600 |
| DC | | |
| T1 1p 160 | TMF | 16...160 |
| T1 160 | TMD | 16...160 |
| T2 160 | TMD | 1,6...160 |
| T3 250 | MF/MA | 1...100 |
| | TMD/TMG | 63...250 |
| T4 250/320 | MA | 100...200 |
| | TMD | 20...50 |
| | TMA | 80...250 |
| | MA | 10...200 |
| T5 400/630 | TMA/TMG | 320...500 |
| T6 630/800/1000 | TMA | 630...800 |

MF = relé sólo magnético con umbral magnético fijo
MA = relé sólo magnético con umbral magnético regulable
TMF = relé termomagnético con umbral térmico y umbral magnético fijos
TMD = relé termomagnético con umbral térmico regulable y umbral magnético fijo
TMA = relé termomagnético con umbral térmico y umbral magnético regulables
TMG = relé termomagnético para la protección de generadores
PR22_, PR23_, PR33_ = relés electrónicos

Gracias a la facilidad de montaje, el relé puede ser sustituido rápidamente, incluso por el usuario, en función de las diversas exigencias (en este caso, el usuario es responsable de la operación). Todo esto se traduce, sobre todo, en un aumento de la flexibilidad de uso de los interruptores automáticos, con un notable ahorro gracias a la mayor racionalización de la gestión de los stock.

| MA | PR221DS-PR222DS/P-PR222DS/PD-PR223DS ⁽²⁾ | PR231/P ⁽³⁾ -PR232/P-PR331/P-PR332/P |
|-----------------------------|---|---|
| 10 25 52 80 100 125 160 200 | 100 160 250 320 400 630 800 1000 | 400 630 800 1000 1250 1600 |
| ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ | ■ ■ ■ | |
| ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ ▲ | ▲ ▲ ▲ ■ | |
| | ■ ■ | |
| | ▲ ▲ ■ | |
| | ■ | |
| | ■ | |
| | | |
| | | ▲ ▲ ■ |
| | | ▲ ▲ ▲ ■ |
| | | ▲ ▲ ▲ ▲ ■ |
| | | ▲ ▲ ▲ ▲ ■ |

⁽²⁾ PR223DS, mínima I_n = 160 A

⁽³⁾ La intercambiabilidad del relé PR231/P se puede solicitar con el código de pedido específico 1SDA063140R1.

Interruptores automáticos para distribución de potencia

Relés termomagnéticos

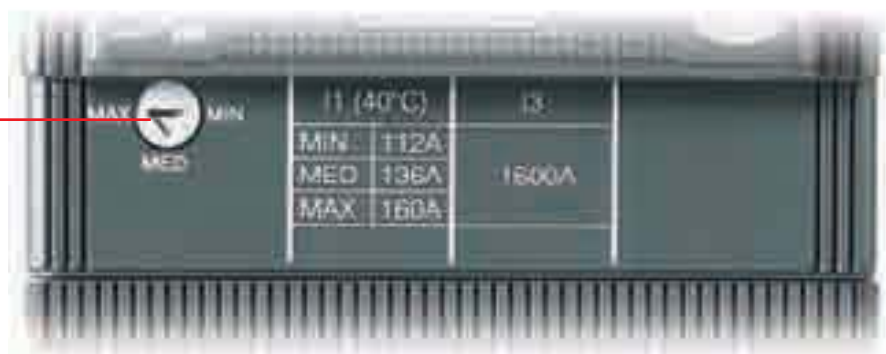
Los interruptores automáticos Tmax T1 1p, T1, T2, T3, T4, T5 y T6 se pueden equipar con relés termomagnéticos y se utilizan en la protección de redes de corriente alterna y continua con un campo de empleo de 1,6 A a 800 A. Permiten la protección contra las sobrecargas con dispositivo térmico realizado con la técnica del bimetálico (de umbral fijo para T1 1p y regulable para T1, T2, T3, T4, T5 y T6) y la protección contra cortocircuito con dispositivo magnético (de umbral fijo para T1, T2 y T3 y T4, este último hasta 50 A, y de umbral regulable para T4, T5 y T6).

Los interruptores automáticos tetrapolares siempre se suministran con el neutro protegido al 100% de la regulación de las fases en los relés hasta 100 A. Para regulaciones superiores, la protección del neutro es del 50% de la regulación de las fases, salvo se solicite la protección del neutro del 100% de la regulación de las fases.

Relés termomagnéticos TMD y TMG (para T1, T2 y T3)

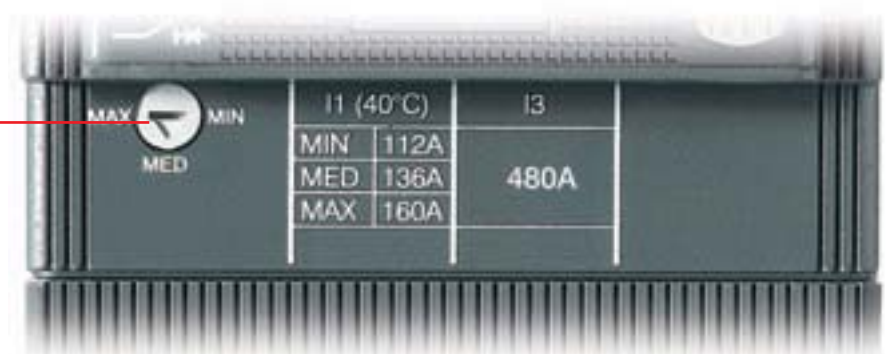
Umbral térmico

Regulable de 0,7 a $1 \times I_n$



Umbral térmico

Regulable de 0,7 a $1 \times I_n$



TMD = relé termomagnético con umbral térmico regulable ($I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$) y umbral magnético fijo ($I_3 = 10 \times I_n$).
TMG = relé termomagnético con umbral térmico regulable ($I_1 = 0,7 \dots 1 \times I_n$) y umbral magnético fijo ($I_3 = 3 \times I_n$).



1SDC21003BF0001



1SDC210031F0001

T1-T2-T3



1SDC210022F0001



1SDC210038F0001

T4-T5

Relés diferenciales RC221 y RC222 para T1, T2 y T3

Los relés diferenciales RC221 y RC222 para T1, T2 y T3 están disponibles, tanto con interruptores tripolares como tetrapolares en ejecución fija.

La configuración prevé la introducción del interruptor en la estructura del correspondiente relé diferencial para acceder a las regulaciones en el lado izquierdo del interruptor mientras el toroidal se encuentra en la posición inferior.

Otra característica especial es el tipo de conexión de los cables que se efectúa directamente en el interruptor, una vez montado el relé diferencial, garantizando la simplificación y racionalización de las operaciones de instalación.

Los relés diferenciales con Tmax T2 y T3 montan en la parte inferior exclusivamente terminales anteriores para cables de cobre (FC Cu); por esta razón, cuando se solicita el relé diferencial, en el pedido también se suministra siempre el medio kit de terminales FC Cu (consultar la sección de códigos en la página 7/36).

Para Tmax T1 tetrapolar, es posible montar en la parte inferior el kit de terminales posteriores en pletina horizontales (HR para RC221/RC222).

Siempre para T1 tetrapolar se encuentra disponible una versión de relés diferenciales RC222 para la instalación en módulos de 200 mm. Este relé mantiene las mismas características técnicas que el RC222 para T1, T2 y T3 pero, gracias a la reducción de la altura, se puede instalar en módulos de 200 mm. Además, en el caso de montaje colateral de dos o más unidades, su forma particular permite reducir las dimensiones totales.

Se encuentra disponible, bajo demanda, el accesorio de fijación a perfil DIN 50022.

En el mismo interruptor no se pueden montar al mismo tiempo el diferencial y el mando de solenoide sobrepuesto o el mando giratorio.

Relé diferencial RC222 para T4 y T5

El relé RC222 para T4 y T5 está disponible en ejecución tetrapolar y se monta la posición subyacente respecto al interruptor mismo.

El relé se suministra con terminales anteriores estándar, pero es posible combinar también todos los terminales disponibles para el interruptor correspondiente.

El relé diferencial RC222, en ejecución fija, se transforma en enchufable o extraíble con sólo añadir el correspondiente kit de transformación y aplicando un declasamiento de las prestaciones como se indica en la tabla de la página siguiente.

En el mismo interruptor no se pueden montar al mismo tiempo el diferencial y el mando motor.

Relé diferencial RC223 (tipo B) para T3 y T4 250 A

El relé diferencial RC223 (tipo B) puede combinarse con los interruptores automáticos Tmax T3 y T4 250 A tetrapolar en versión fija, enchufable o extraíble (enchufable o extraíble solo para T4), y presenta un campo de funcionamiento de la tensión entre fases variable entre 110 V y 500 V, con funcionamiento a partir de 55 V fase-neutro. Se caracteriza por las mismas tipologías de referencia del relé RC222 (tipo S y AE) pero también responde a la tipología de funcionamiento B que garantiza la sensibilidad a las corrientes de defecto diferenciales con componentes alternas, alternas pulsantes y en corriente continua.

Las normas de referencia son: IEC 60947-1, IEC 60947-2 Apéndice B, IEC 60755.

Además de las señalizaciones y de las regulaciones típicas del diferencial RC222, el RC223 también permite la selección del umbral máximo de sensibilidad a la frecuencia del defecto diferencial (3 pasos: 400 - 700 - 1000 Hz). Por lo tanto, es posible adaptar el dispositivo diferencial a las diferentes exigencias de instalación industrial en función de las frecuencias de defecto previstas generadas aguas abajo del relé. Instalaciones típicas que pueden requerir umbrales de frecuencia diferentes a los umbrales estándar (50 - 60 Hz) son las instalaciones de soldadura para la industria del automóvil (1000 Hz), industria textil (700 Hz), los aeropuertos y drives trifásicos (400 Hz).

En el mismo interruptor no se pueden montar al mismo tiempo el diferencial y el mando motor.

El relé diferencial RC223 para T3 lleva de serie los terminales frontales. Para la conexión del conjunto T3+RC223, utilizar:

- en los terminales superiores: kit de terminales disponible para el calibre T3;
- en los terminales inferiores: kit de terminales disponible para el calibre T4.

Accesorios

Relés diferenciales

| | RC221 | RC222 | | RC223 |
|--|---------------------|---------------------------------|---|---|
| Modelos | T1-T2-T3 | T1-T2-T3 | T4 y T5 (sólo 4p) | T3 y T4 (sólo 4p) |
| Tipo | forma en "L" | forma en "L" | Bajo interruptor | Bajo interruptor |
| Tecnología | con microprocesador | con microprocesador | con microprocesador | con microprocesador |
| Acción | solenoides | solenoides | solenoides | solenoides |
| Tensión primaria de funcionamiento ⁽¹⁾ | [V] | 85...500 | 85...500 | 110...500 |
| Frecuencia de funcionamiento | [Hz] | 45...66 | 45...66 | 45...66 |
| Autoalimentación | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Campo de funcionamiento de la prueba ⁽¹⁾ | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 110...500 |
| Corriente asignada de servicio | [A] | hasta 250 A | hasta 500 A | hasta 250 A |
| Umbral de actuación regulables | [A] | 0,03 - 0,1 - 0,3 0,5 - 1 - 3 | 0,03 - 0,05 - 0,1 - 0,3 0,3 - 0,5 - 1 - 3 - 5 - 10 | 0,03 - 0,05 - 0,1 0,3 - 0,5 - 1 |
| Tiempos de actuación regulables | [s] | instantáneo | instantáneo - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,5 - 1 - 2 - 3 | instantáneo - 0 - 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,5 - 1 - 2 - 3 |
| Tolerancia en los tiempos de actuación | | ± 20% | ± 20% | ± 20% |
| Potencia absorbida ⁽²⁾ | < 8 W a 400 V AC | < 10 W a 400 V AC | < 10 W a 400 V AC | < 10 W a 400 V AC |
| Señalización local de actuación | ■ | ■ | ■ | ■ |
| SA con contacto de conmutación para la señalización de actuación | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Entrada para la apertura a distancia | | ■ | ■ | ■ |
| Contacto NA para la señalización de prealarma | | ■ | ■ | ■ |
| Contacto NA para la señalización de alarma | | ■ | ■ | ■ |
| Indicación de prealarma del 25% I _{Δn} (tolerancia ±3%) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Indicación temporización de alarma al 75% I _{Δn} (tolerancia ±3%) | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Tipo A para corriente alterna pulsante, AC para corriente alterna | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Tipo AE con disparo a distancia | | ■ | ■ | ■ |
| Tipo B para corriente pulsante y corriente continua | | | | ■ |
| Tipo S selectivo | | ■ | ■ | ■ |
| Pulsador para prueba de aislamiento | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Alimentación desde arriba y desde abajo | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Montaje con interruptores tripolares | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Montaje con interruptores tetrapolares | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Kit de conversión del interruptor con diferencial de fijo a enchufable | | | ■ | ■ |

⁽¹⁾ Funcionamiento hasta 50 V Fase - Neutro (55 V para RC223)

⁽²⁾ Potencia absorbida puede ser menor para tensiones de alimentación inferiores

Características RC222-RC223 T4-T5

T3
T4 250
T4 320⁽²⁾
T5 400⁽²⁾
T5 630⁽²⁾

⁽¹⁾ 225 A con RC223

⁽²⁾ disponible sólo con RC222

Máxima corriente admisible

| Fijo | Enchufable/Extraíble |
|----------------------|----------------------|
| 250 A ⁽¹⁾ | — |
| 250 A | 250 A |
| 320 A | 280 A |
| 400 A | 400 A |
| 500 A | — |



Toroide homopolar para la protección diferencial

Los relés electrónicos con microprocesador PR332/P LSIRc y PR332/P LSIG (con PR330/V y Rating Plug RC) se pueden utilizar asociados con el toroide homopolar que permite la activación de la protección diferencial. Si se utiliza con PR332 LSIG, no se obtiene la protección G. Este accesorio se monta en las barras y está disponible en un único calibre de hasta 1600 A.

Es una alternativa al sensor homopolar. El relé electrónico PR332/P LSIRc se puede utilizar en combinación con este accesorio, que permite la activación de la protección diferencial. Este accesorio se debe montar en las barras.



Actaris SL7000

SMART Contador-registrador multifunción



► Actaris SL 7000

Medida en clientes comerciales e industriales

El contador-registrador SL7000 incorpora en una única envoltente todas las funciones de medida y tarificación requeridas para la medida en clientes comerciales e industriales.

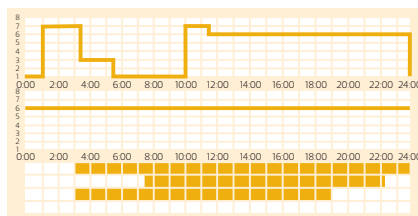
Las prestaciones del registrador de perfiles de carga son programables. El equipo permite la comunicación local y remota, accediéndose por ambos medios a la actualización de la programación.

El contador-registrador SL7000 se alimenta de los propios circuitos de medida de tensión. Es de rango extendido lo cual facilita la utilización Del mismo equipo en una gran diversidad de instalaciones.

La agregación de consumos y la disposición de entradas de impulsos, son prestaciones de gran utilidad que en la mayoría de las aplicaciones permiten eliminar los concentradores externos.

Aplicaciones clásicas de medida: Clientes a tarifa.

La gran capacidad de configuración del contador-registrador SL7000 permite programar todas las estructuras tarifarias contempladas por la normativa vigente para clientes a tarifa.



► Tarificación

- ▶ Contador estático multifunción de altas prestaciones
- ▶ Adaptado a las normativas españolas
- ▶ Conexión directa para aplicaciones comerciales
- ▶ Conexión a transformadores de medida para aplicaciones industriales
- ▶ Múltiples líneas de entrada y salida para aplicaciones de control
- ▶ Múltiples canales de comunicación

Nuevas necesidades: Clientes cualificados

En los pasados años se han aprobado diversas normas legales que han hecho posible la puesta en marcha del nuevo sistema eléctrico. El contador-registrador SL7000 satisface todos los requisitos establecidos por las normativas legales, y los reglamentos que las desarrollan, para la medida en puntos frontera de clientes.

Medida en puntos frontera

La precisión y gran linearidad de medida del contador garantizan la calidad de los datos obtenidos para aplicaciones de facturación. Las lecturas instantáneas de diversas

magnitudes eléctricas se utilizan en aplicaciones de supervisión de la red.

Por otra parte, los canales simultáneos de comunicación permiten compartir los datos recogidos de la instalación por parte de diversos usuarios o departamentos.

Valor añadido a la medida

Mediante la aplicación de las tecnologías de última generación en metrología y comunicaciones, los contadores SL7000 de Actaris aportan grandes beneficios tanto a las empresas eléctricas como a los consumidores, incorporando valor añadido en cada uno de los procesos de medida.

Ventajas para las empresas eléctricas

Reducción de los costos por stocks

La alimentación del contador es de rango extendido con márgenes muy amplios de tensión. Esta característica permite utilizar el mismo contador en diferentes tipos de tensiones de instalación, tanto en clientes comerciales como industriales.

Reducción de los costos de lectura

Los ciclos de lectura se reducen al mínimo, mediante el almacenamiento de todos los datos requeridos para la facturación, y la capacidad de comunicación que permite la lectura remota del contador a bajo costo.

La conformidad de los protocolos disponibles con las normas de comunicación CEI más recientes, facilita la integración del contador en los sistemas estándar de adquisición de datos.

Reducción de pérdidas por causas no técnicas

El contador dispone de diversas prestaciones de seguridad frente a problemas técnicos provocados por intervención humana, o intentos de fraude.

Supervisión de la red

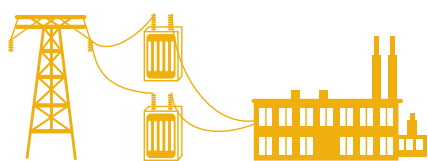
El contador SL7000 permite la supervisión de las condiciones de la red, incluyendo el registro de las anomalías como incidencias simples o en un fichero. Esta prestación puede utilizarse para actuar de forma preventiva y/o correctiva en las condiciones de la red.

Actualización de funciones

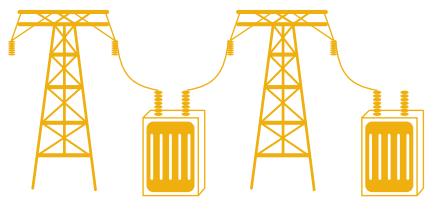
Una prestación importante de los contadores SL7000 es la capacidad de actualización de sus funciones. El costo de actualización es mínimo, permitiendo la reutilización del equipo existente.

Resistencia a ambientes adversos

Los contadores están diseñados y ensayados para hacer frente a condiciones ambientales adversas, como perturbaciones electromagnéticas y variaciones en la condición de la red.



▶ Clientes cualificados



▶ Medida en puntos frontera

Versiones del contador SL7000

Por tipo de cliente

| | |
|-----------------|---|
| SL761D ó SL761E | clientes a tarifa, conexión directa |
| SL761C | clientes a tarifa, conexión a transformadores de medida |
| SL762A | clientes cualificados tipo 1: Clase 0,2S. Protocolo de comunicaciones IEC 870-5-102 |
| SL762B | clientes cualificados tipo 2: Clase 0,5S. Protocolo de comunicaciones IEC 870-5-102 |
| SL762C | clientes cualificados tipo 3: Clase 1. Protocolo de comunicaciones IEC 870-5-102 |

Opciones para líneas de Entrada/Salida

| | |
|----|--|
| 00 | Versión básica sin líneas de E/S |
| 01 | Versión intermedia con un conjunto limitado de líneas de E/S |
| 06 | Versión extendida con la capacidad completa de E/S |

En todas las versiones están disponibles diversas configuraciones.

Ventajas para los consumidores

Supervisión del consumo

La información facilitada por el contador está disponible en tiempo real a través de un puerto de comunicaciones dedicado, de forma que los consumidores finales puedan supervisar y controlar su consumo de energía.

Supervisión del suministro

La supervisión se realiza sobre la base de unos parámetros de calidad de suministro

definibles. Los datos obtenidos pueden utilizarse como elemento de verificación cuando la calidad de suministro sea un dato contractual.

Control de exceso de consumo

El contador SL7000 permite supervisar el consumo con relación a unos umbrales programables, y pueden activar unos contactos cuando el consumo exceda los límites.

Características principales

Multienergía

- Medida de la energía activa (bidireccional), reactiva (cuatro cuadrantes) y aparente, en valores agregados y fase por fase.
- Se dispone de 4 entradas de impulsos, que permiten una gestión adicional de la medida (versiones de Entrada/Salida intermedia y extendida).

Curvas de carga

- Pueden registrarse hasta 8 canales de curva de carga configurables entre las diversas magnitudes medidas.

Multitarifa

- Tarifación de energía y demanda máxima.
- Medida de hasta 10 magnitudes eléctricas para facturación.
- Hasta 32 registros de tarifa de energía y 24 registros de tarifa de demanda máxima.

- Cambios de tarifa gestionados por reloj interno. En las versiones de Entrada/Salida intermedia y extendida, los cambios de tarifa pueden también gestionarse externamente.

Calidad de tensión

- Los umbrales de tensión son configurables, permitiendo el análisis detallado de las variaciones de tensión.

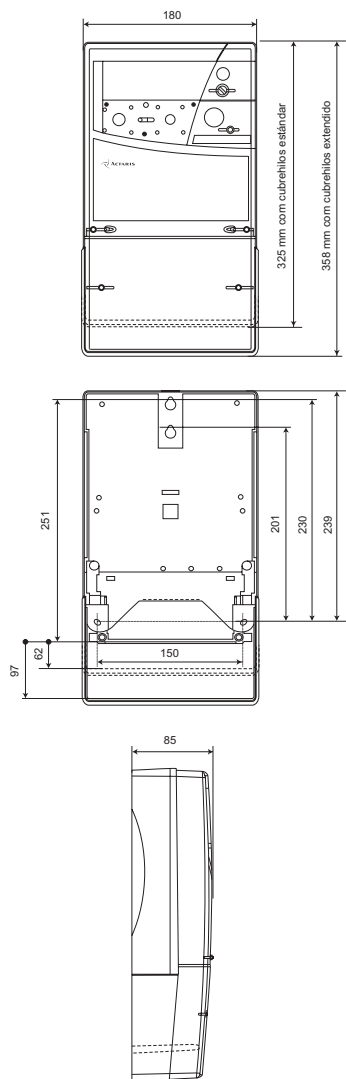
Comunicaciones

- Hasta tres canales de comunicación, dependiendo de la versión del contador.
- Pueden utilizarse dos canales simultáneamente.
- Incorpora puertos de lectura local y remota.
- Puede suministrarse un modem telefónico junto al contador.
- Conforme con DLMS-Cosem.



► SL 7000

Dimensiones



Datos técnicos

| | | |
|----------------------|---|---|
| Valores | Tensión: | 3x57.7/100V hasta 3x240/415V autorrango |
| | Intensidad CD: | $I_n = 5 \text{ A}$ ($I_{max} = 120 \text{ A}$) |
| | Intensidad CT: | $I_n = 1 \text{ A}$ ($I_{max} = 10 \text{ A}$) |
| Tipos de conexión | Conexión directa: | Contador de 4 hilos, plenamente operativo en conexión de 3 hilos sin neutro |
| | Conexión a transformadores: | Disponible en 3 y 4 hilos |
| Precisión | Conexión directa: | Clase 1 (CEI 61036) |
| | Conexión a transformador: | Clases 0,2S y 0,5S (CEI 60687) y 1 (CEI 61036) |
| | Energía reactiva: | Clase 2 (CEI 61268) |
| Frecuencia | 50Hz / 60Hz | |
| Rango de temperatura | -40°C hasta +70°C | |
| Estándares | Cumplimiento con las normas CEI 61036, CEI 60687 y marcado CE (metrológicas, eléctricas, electromecánicas, mecánicas, climáticas) | |
| Comunicaciones | Puerto óptico (CEI 61107). Opcionalmente puerto serie RS232C y/o RS485. | |

Accesorios

| | |
|---------------|---|
| Comunicación | • Módem telefónico interno o externo |
| | • Cables de conexión a equipos de comunicación externos |
| | • Puerto óptico de comunicaciones para conexión a PC |
| | • Software usuario para supervisión del consumo |
| Configuración | • Software de configuración para empresas eléctricas |
| Documentación | • Certificado de ensayos |
| | • Guía del usuario |
| | • Manual de instalación |

Actaris Argentina S.A.

Avda. Monseñor Bufano 5010, La Tablada
Pcia. de Buenos Aires - C.P. B1766DIT - Argentina
tel +54.11.4480-4900; Dir.: +54.11.4480-4938
fax +54.11.4441-0223
dfragulia@buenos-aires.actaris.com

Cia. Chilena de Medición

General Freire 725, La Cisterna - Santiago - Chile
tel 56-2-5251031 fax 56-2-5255363 ccm@santiago.actaris.com

Actaris

Rod. Campinas/Mogi Mirim, Km121 - CEP 13088-061
Campinas - SP - Brasil
actariseletricidade@campinas.actaris.com

tel +55 19 3757-1300
fax +55 19 3757-1400

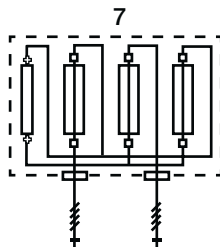
CGPH4007BUC

Caja general de protección
s/Normas ENDESA GE>NNL016
In=400A Esquema 7



S/Espec. Técnica ENDESA 6705809

- Referencia ENDESA CGP-7-400-BUC.
- Envolvente formada por caja+tapa aislante clase térmica A y cierre por tornillo de cabeza triangular imperdible.
- Grado de protección IP 43 s/UNE 20324.
- Protección al impacto IK 09 s/UNE 50102.
- Esquema 7.
- 3 bases fusibles BUC tamaño 2 (400A) con tornillería Inox M10.
- In. máxima de los fusibles 400A (no incluidos).
- Neutro seccionable con tornillería Inox M10.
- 1 borne bimetalico de 6-50 mm² para conexión de cable de tierra ubicado en la conexión del neutro.
- Conexionado 3F+N con terminales bimetalicos.
- 2 conos pasacables aislantes para 4 cables cada uno hasta 240 mm².
- 1 cono para cable de tierra.
- Dimensiones: 595x299x160 mm.



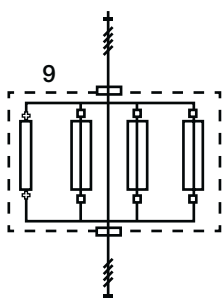
CGPH4009BUC

Caja general de protección
s/Normas ENDESA GE>NNL016
In=400A Esquema 9

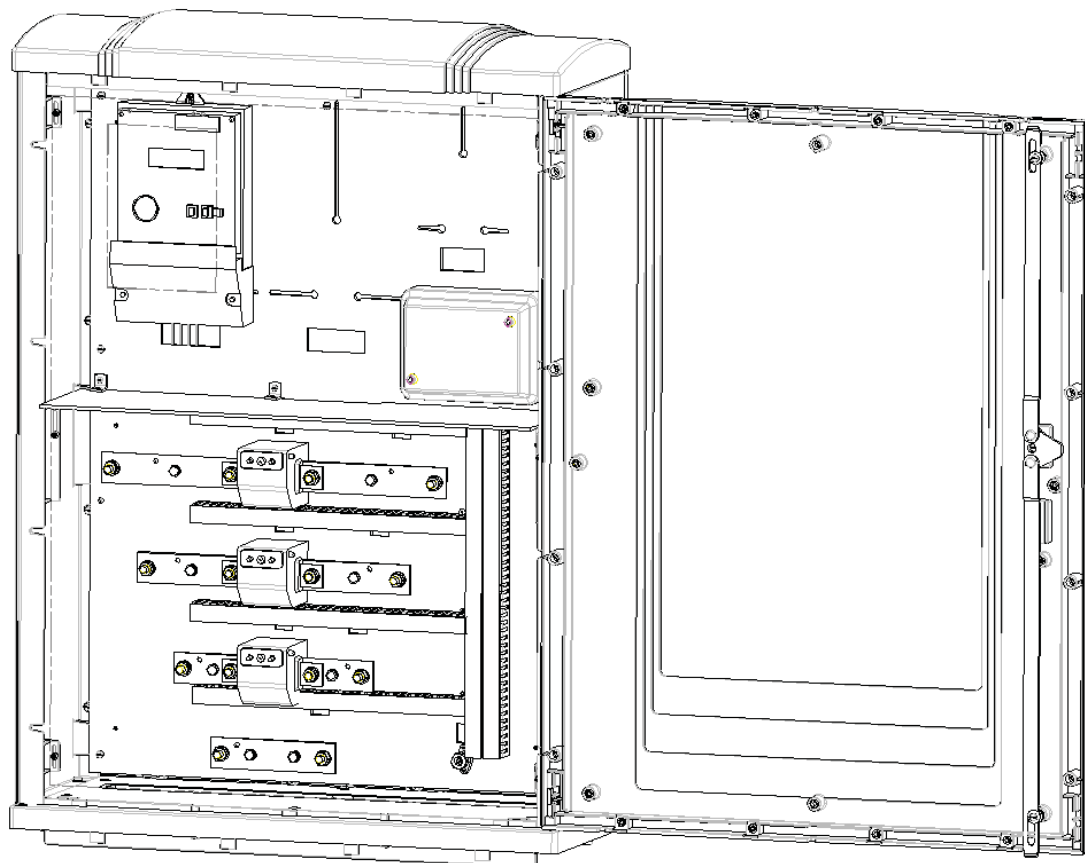


S/Espec. Técnica ENDESA 6705805

- Referencia ENDESA CGP-9-400-BUC.
- Envolvente formada por caja+tapa aislante clase térmica A y cierre por tornillo de cabeza triangular imperdible.
- Grado de protección IP 43 s/UNE 20324 e.
- Protección al impacto IK 09 s/UNE 50102.
- Esquema 9.
- 3 bases fusibles BUC tamaño 2 (400A) con tornillería Inox M10.
- In. máxima de los fusibles 400A (no incluidos).
- Neutro seccionable con tornillería Inox M10.
- 1 borne bimetalico de 6-50 mm² para conexión de cable de tierra ubicado en la conexión del neutro.
- Conexionado 3F+N con terminales bimetalicos.
- 2 conos pasacables aislantes para 4 cables cada uno hasta 240 mm².
- 4 conos pasacables aislantes para cables hasta 240 mm² en lado superior (salida).
- 1 cono para cable de tierra.
- Dimensiones: 595x299x160 mm.



CONJUNTO INDIVIDUAL TRIFASICOS DE MEDIDA INDIRECTA.



URV-06-ERZ
(750x1000x300mm)

CARACTERISTICAS.

- Para su colocación en exterior o bien en un michinal con puerta metálica.
- Armarios de poliéster autoextinguible reforzado con fibra de vidrio.
- Cierre de la puerta mediante maneta de triple acción con llave triangular, posibilidad de bloqueo por candado y apertura 180°.
- Placa base de poliéster mecanizada para la colocación de 1 contador trifásico electrónico combinado (Activa+Reactiva+Tarifador) para medida indirecta.
- Regleta de bornes de comprobación de 10 elementos.
- Pletinas de cobre electrolítico para la entrada y salida de cables y la colocación de los transformadores de intensidad.
- Placa de policarbonato transparente para la protección del contador y los transformadores de intensidad, con una mirilla para el acceso al contador.
- Cableado por encima de placa protegido con canaleta de PVC.

Armarios murales CRN



> Aplicaciones

El armario mural CRN de Himel es un armario ligero y resistente con una estructura en cruz fabricada a partir de chapa de acero doblada. Resulta apropiado para sectores como:

- Industria

En forma de:

Automatización y control industrial

> Homologaciones y certificaciones

EN62208, LCIE, UL, CUL, Bureau Veritas, DNV, LR, GL Lloyds y ATEX.

> Beneficios para el cliente

- Amplia selección: 39 tamaños disponibles para una adecuación óptima a los requisitos de espacio de su instalación.
- Resistente: Alta resistencia a los rayos UV y bisagras especialmente tratadas con pasadores de aluminio.
- Selección: Accesorios adaptados que encajarán perfectamente en su aplicación.
- Ingenioso: El procedimiento de fabricación permite retirar e invertir la puerta fácilmente.
- Estético.

> Especificaciones técnicas

Material utilizado

- Armarios metálicos fabricados a partir de una chapa continua de acero de doble pliegue en la parte frontal y marco soldado en la parte trasera.
- Pintura de poliéster en polvo de color gris RAL 7032.

Versiones

- Puerta única
- Puerta doble
- Puerta con cristal
- Puerta lisa con o sin chasis

Sistema de cierre

- Cierre estándar de doble barra de 3 mm.

Grado de protección

- IP66 con puerta única.
- IP55 con puerta doble.
- Resistencia a impactos mecánicos: IK10 en los armarios de puerta lisa y IK08 en los armarios de puerta con cristal.

Especificaciones de la puerta

- Retorno de 20 mm y espesor doble que ofrece una gran estabilidad; apertura de 120°, 2 o 3 bisagras ocultas. Carga máxima: 50 kg/m²

Otras características

- La puerta y la estructura presentan tornillos de tierra M6 x 16 para una conexión equipotencial.
- Placa para entrada de cables cuadriculada.
- Puerta con junta de poliuretano inyectado.
- Pernos de fondo soldados cada 10 mm para facilitar la instalación del chasis.

> Personalización

Los armarios pueden incorporar los siguientes elementos si el cliente así lo solicita: colores alternativos, accesorios montados, mecanizado especial, etc. Si tiene alguna pregunta sobre nuestra oferta personalizada, no dude en contactar con nosotros.



Armario de acero CRBO



> Aplicaciones

La cubierta fijada mediante tornillos de Himel es una solución desarrollada para la centralización y transmisión de señales en instalaciones industriales o en máquinas de ciertos sectores del mercado, como:

- Industria

En forma de:

- Automatización y control industrial

> Homologaciones y certificaciones

EN62208, LCIE, UL y CUL

> Beneficios para el cliente

- Multifuncional: Posee múltiples aplicaciones en la industria gracias su amplia gama de accesorios.
- Calidad y garantía: Múltiples aplicaciones, homologaciones concedidas por los organismos internacionales más prestigiosos y un esfuerzo continuo en promover un entorno saludable y limpio para nuestros clientes y para los usuarios de nuestros productos.

> Especificaciones técnicas

Material utilizado

- Armario de acero.
- Acabado texturizado con pintura de poliéster en polvo, color gris RAL 7032.

Grado de protección

- IP66 conforme a la normativa EN60529.
- Resistencia a impactos mecánicos externos: IK10.

Especificaciones de la puerta

- Cubierta fijada mediante 4 tornillos imperdibles M5 x35 de acero inoxidable.

Sistema de cierre

- Cierre metálico que permite la continuidad de la conexión a tierra y mejora la protección general.

Otras características

- Los armarios incluyen 4 pernos separadores para la fijación del chasis.
- Cubierta con junta de poliuretano.
- La cubierta y la estructura presentan tornillos de tierra para mantener la continuidad de la conexión.

> Personalización

Los armarios pueden incorporar los siguientes elementos si el cliente así lo solicita: colores alternativos, accesorios montados, mecanizado especial, etc. Si tiene alguna pregunta sobre nuestra oferta personalizada, no dude en contactar con nosotros.



Cajas modulares aislantes resistentes a la intemperie Sistema 27





1 Posibilidad de utilización parte interior de la tapa **TPLSP** (en cajas de poliéster **PLSP**) para fijar las placas mediante inserto M5.



2 Cierre lateral (opcional), puede suministrarse con bloqueo de llave.



3 Placa de montaje aislante en poliéster fijada al fondo. Posibilidad de placa metálica o en baquelita.



4 Vista posterior caja con pieza fijación mural **PF-27** colocada.



5 Vista interior sin panel protector con detalle de regleta neutro-tierras de los chasis modulares.



6 Caja totalmente montada con detalle de la fijación bisagra, panel protector y tapita extraíble.

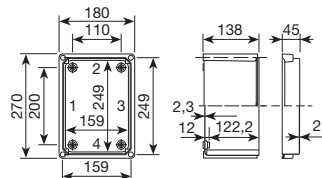
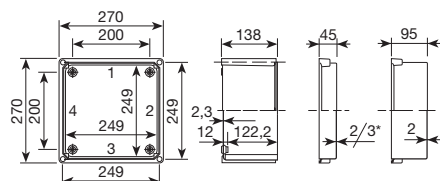
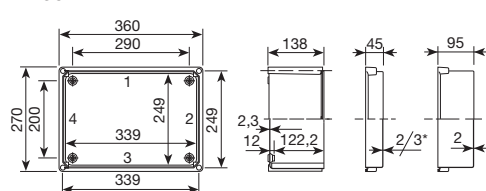
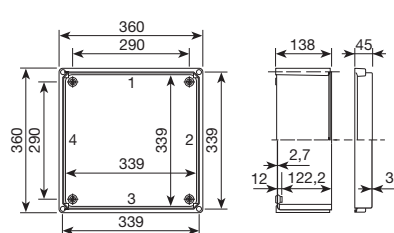
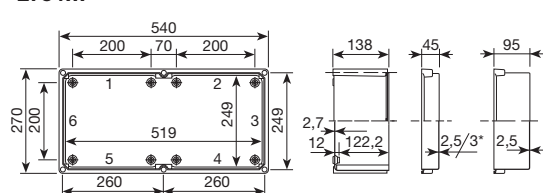
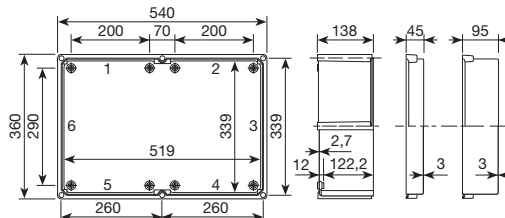
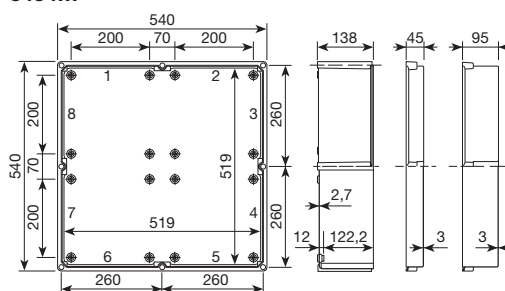
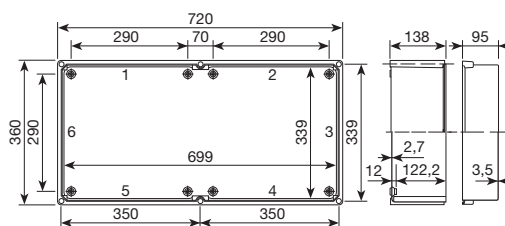
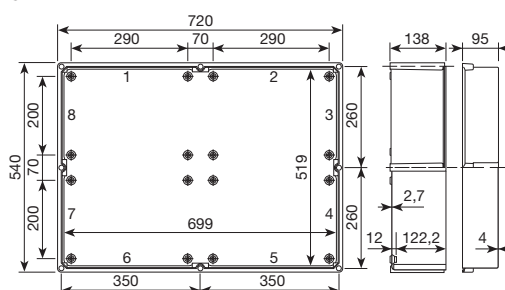


7 Cierre unión tapa-fondo precintable, accionamiento por destornillador (suministro estándar).



8 Insertos de M6 para la fijación de placa de montaje o aparellaje diverso.

Dimensiones (mm)

1827...

2727...

2736...

3636...

2754...

3654...

5454...

3672...

5472...


* El grueso de 3 mm corresponde a la tapa de poliéster.

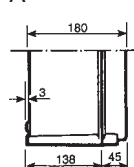
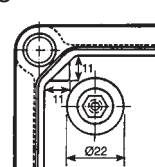
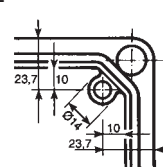
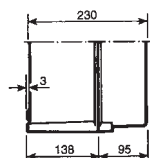
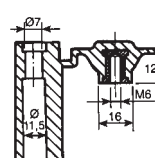
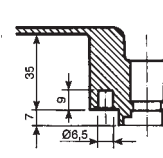
A Unión fondo con tapa baja.

B Unión fondo con tapa alta.

C D Vista interior esquina fondo, con detalle tetones con insertos M6.

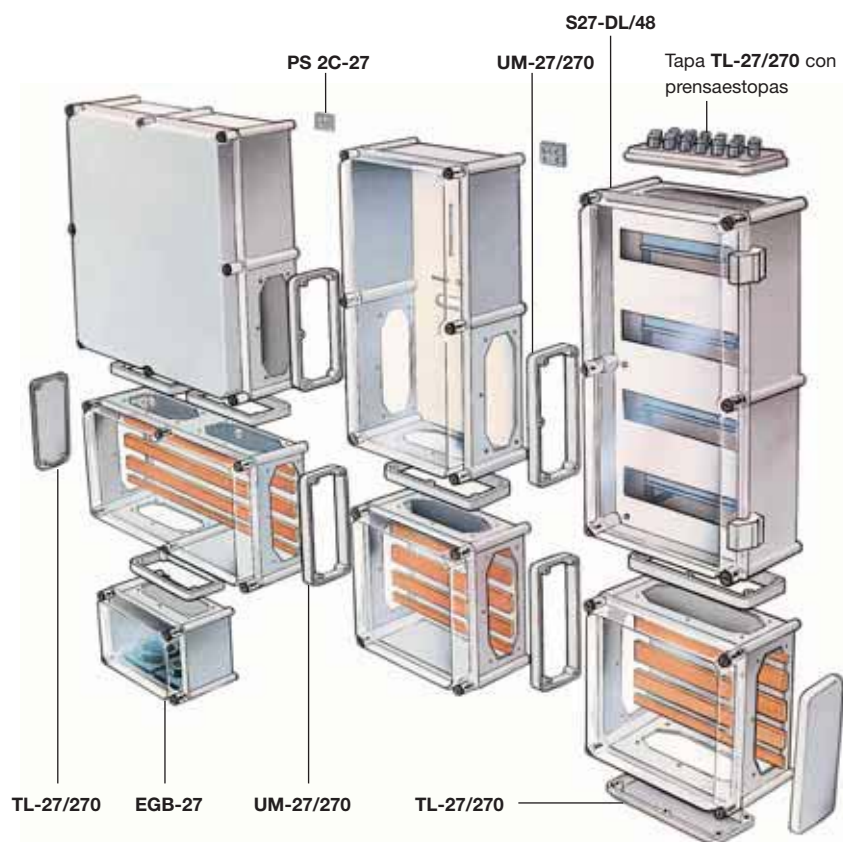
E F Vista interior esquina tapa poliéster con alojamiento para tuerca expandible.

Ref.: **TE-25** para tornillos de M5.

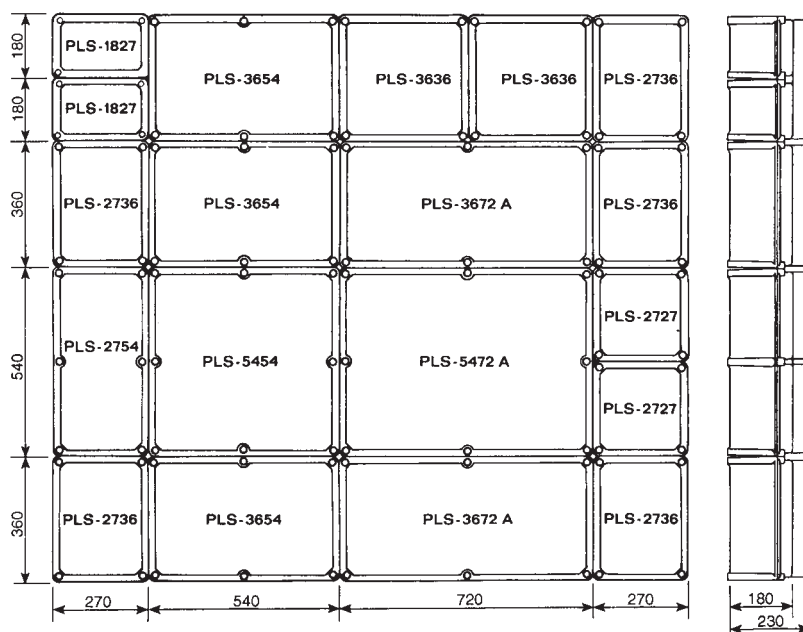
A

C

E

B

D

F


Ejemplo de acoplamiento

Conjunto de cajas con embarrado general, medida y distribución.



Todas las cajas permiten ser acopladas en cualquiera de sus caras. La unión puede realizarse mediante uniones modulares **UM** o bien piezas sujeción **PS**.



ENERGY RV-K FOC RV-K

TENSIÓN: 0.6/1 kV



NORMAS

UNE 21123-2 - Norma constructiva
UNE-EN 60332-1 - No propagador de la llama
IEC 60332-1 - No propagador de la llama

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:

Cobre, flexible clase 5

AISLAMIENTO:

Polietileno reticulado (XLPE)

CUBIERTA EXTERIOR:

Policloruro de vinilo acrílico (PVC flexible)

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

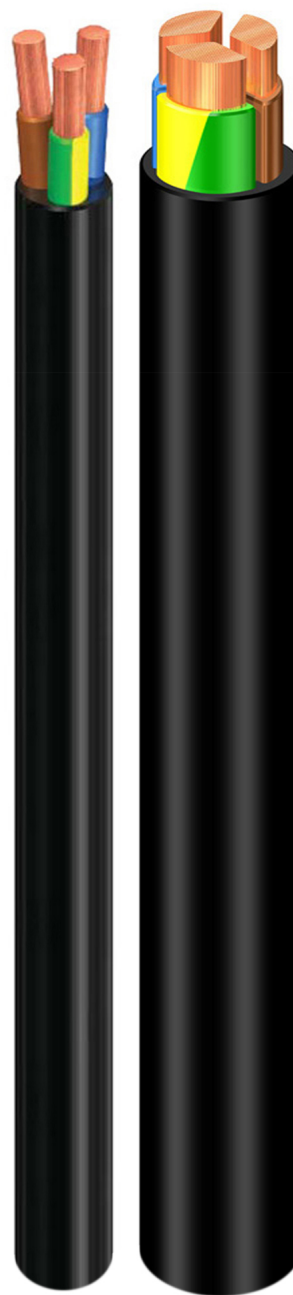
Los cables ENERGY RV-K FOC son cables flexibles para la utilización en la distribución de energía en baja tensión en instalaciones fijas de interior y exterior. Se distinguen por su flexibilidad y manejabilidad, que facilitan y ahorran tiempo en la instalación.

Los cables ENERGY RV-K FOC cumplen en toda su gama con la No Propagación de la Llama según norma UNE-EN 60332-1-2 (correspondiente norma internacional IEC 60332-1-2). La variante UNFIRE cumple además la No Propagación del Incendio según norma UNE-EN 50266 (correspondiente norma internacional IEC 60332-3).

A partir de la sección de 50 mm² inclusive se ofrece la configuración SECTORFLEX con conductor sectoral flexible que, manteniendo idénticas prestaciones eléctricas y los mismos terminales y accesorios convencionales que el cable circular, consigue un menor diámetro y peso del cable, incrementando significativamente su manejabilidad y facilidad de instalación.

Los cables ENERGY RV-K FOC son productos certificados con la marca AENOR.

Temperatura máxima del conductor en servicio permanente 90°C.



ENERGY RV AL RV AI

TENSIÓN: 0.6/1 kV



NORMAS

HD 603-5N (CENELEC) - Norma constructiva
IEC-60502 - Norma constructiva
UNE-EN 60332-1 - No propagador de la llama
IEC 60332.1 - No propagador de la llama

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:

Aluminio, semirrígido clase 2

AISLAMIENTO:

Polietileno reticulado (XLPE)

CUBIERTA EXTERIOR:

Policloruro de vinilo (PVC)

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Cables de distribución de energía de baja tensión para instalaciones al aire, entubadas y/o enterradas.
Temperatura máxima del conductor en servicio permanente 90°C

Los cables ENERGY RV AI son productos certificados con la marca AENOR.

Los cables ENERGY AI cumplen en toda la gama con la No Propagación de la Llama según UNE-EN 50265 (correspondiente a la norma internacional IEC 60332.1).





NORMAS / NORMAS:

UNE-21012
RECOMENDACIÓN/ RECOMENDAÇÃO UNESA 3401 B
NI 54.10.01

CONSTRUCCIÓN:

1.-

CUERDA DE COBRE DURO
DESNUDO, FORMADA POR
VARIOS ALAMBRES
CABLEADOS.



1

CONSTITUIÇÃO:

1.-

CABO DE COBRE DURO NÃO
REVESTIDO, FORMADO POR
VÁRIOS FIOS CABLEADOS.

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS
PRINCIPALES:

Para líneas aéreas y conductores de tierra.

APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS
PRINCIPAIS:

Para linhas aéreas e condutores de terra.

| CÓDIGO CONDUCTOR | SECCIÓN mm² | COMPOSICIÓN DEL CABLE | DIÁMETRO | PESO kg/km | RESISTENCIA Ohm/km | CARG. ROTURA kgf |
|------------------|-------------|-----------------------|----------|------------|--------------------|------------------|
| CÓDIGO CONDUTOR | SECÇÃO mm² | COMPOSIÇÃO DO CABO | DIÁMETRO | PESO kg/km | RESISTÊNCIA Ohm/km | CARGA ROTURA kgf |
| TTC4110099P | 16 | 7x1,70 | 5,1 | 144 | 1,16 | 658 |
| TC4120099P | 25** | 7x2,14 | 6,5 | 228 | 0,734 | 1011 |
| TC4130099P | 35** | 7x2,52 | 7,56 | 317 | 0,529 | 1342 |
| TC4140099P | 50 | 19x1,83 | 9,15 | 455 | 0,372 | 2005 |
| TC4141099P | 50** | 7x3,00 | 9 | 449 | 0,372 | 1902 |
| TC4150099P | 70** | 19x2,17 | 10,85 | 640 | 0,264 | 2735 |
| TC4160099P | 95** | 19x2,52 | 12,6 | 864 | 0,196 | 3525 |
| TC4161299P | 100 | 19x2,59 | 13 | 902 | 0,186 | 4337 |
| TC4170099P | 120 | 19x2,85 | 14,25 | 1104 | 0,153 | 4597 |
| TC4180099P | 150 | 37x2,25 | 15,75 | 1344 | 0,126 | 5710 |
| TC4181199P | 153* | 37x2,31 | 16,2 | 1404 | 0,12 | 6704 |
| TC4190099P | 185* | 37x2,52 | 17,64 | 1687 | 0,101 | 6844 |
| TC4201199P | 225* | 37x2,79 | 19,53 | 2070 | 0,08 | 8389 |
| TC4200099P | 240* | 37x2,85 | 19,95 | 2157 | 0,0789 | 8754 |
| TC4210099P | 300* | 61x2,52 | 22,7 | 2791 | 0,0615 | 10899 |
| TC4220099P | 400 | 61x2,85 | 25,65 | 3570 | 0,048 | 13940 |
| TC4230099P | 500 | 61x3,20 | 28,8 | 4501 | 0,0381 | 17166 |

Características del cobre duro según UNE-21012. / Características do Cobre duro segundo UNE-21012.
Sentido de la última corona "a derechas". / Sentido da última camada "à direita" (Z).

(*) Secciones incluidas en especificación RENFE ET 03.364.158.0

(*) Secções incluídas na especificação RENFE ET 03.364.158.0

(**) Secciones incluidas en Recomendación UNESA 3401B. / (**) Secções incluídas na Recomendação UNESA 3401B.



ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTO

AISCAN ACOPLAST

| TIPO | COMPOSICIÓN | Ø EXT mm | TOL. mm | Ø INT. MIN. mm | LONG m | TOLER. mm | Nº ESP | SECUENCIA DE ESPIRAS | CAPAS | RADIO MIN. CURV. mm | Nº ATA. |
|---------------------|---------------|-------------|---------|----------------|--------|-----------|--------|----------------------|-------|---------------------|---------|
| AISCAN-ACOPLAST-40 | POLIOLEFINA | 40 | +0 -0,4 | 30,5 | 100 | +2 -1 | 55 | 11-11-11-11-11 | 5 | 160 | 4 |
| AISCAN-ACOPLAST-50 | " | 50 | +0 -0,5 | 40 | 100 | +2 -1 | 48 | 8-8-8-8-8-8 | 6 | 200 | 4 |
| AISCAN-ACOPLAST-63 | " | 63 | +0 -0,6 | 50 | 100 | +2 -1 | 40 | 8-8-8-8-8 | 5 | 252 | 6 |
| AISCAN-ACOPLAST-90 | " | 90 | +1,7 -0 | 73 | 75 | +2 -1 | 28 | 6-5-6-5-6 | 5 | 252 | 6 |
| AISCAN-ACOPLAST-110 | " | 110 | +2 -0 | 88 | 50 | +1,5 -1 | 17,6 | 5-4-5-3+4/6 | 4 | 252 | 6 |
| AISCAN-ACOPLAST-160 | " | 160 | +2,9 -0 | 130 | 50 | +1,5 -1 | 14,2 | 4-3-4-3-4+1/6 | 4 | 400 | 6 |
| FECHA DE EDICIÓN | Nº DE EDICIÓN | Nº DE FICHA | | | | | | | | | |
| 2009/02 | 5 | EP-AC | | | | | | | | | |

CARACTERÍSTICAS

SEGUN NORMA UNE-EN 61386-22. EXCEPTO EN LO REFERENTE A LOS APARTADOS 8 DIMENSIONES Y 10.4 ENSAYO DE CURVADO QUE CUMPLE CON LA NORMA UNE-EN 50086-2-4

| | |
|---|----------------|
| CODIGO: | 232232540010 |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: | >320 N |
| RESISTENCIA AL IMPACTO: | >2J a -5°C |
| TEMPERATURA MÍN. Y MÁX. DE UTILIZACION: | -5+90°C |
| CURVABLE/TRANSVERSALMENTE ELÁSTICO | SI |
| RIGIDEZ DIELECTRICA: | >2000 V |
| RESISTENCIA DE AISLAMIENTO: | >100 MOhm |
| INFLUENCIAS EXTERNAS: | IP54 |
| PROPAGADOR DE LA LLAMA: | NO |
| COLOR: | GRIS RAL. 7035 |

CON GUÍA DE ACERO INCORPORADA

CARACTERÍSTICAS DE ETIQUETADO

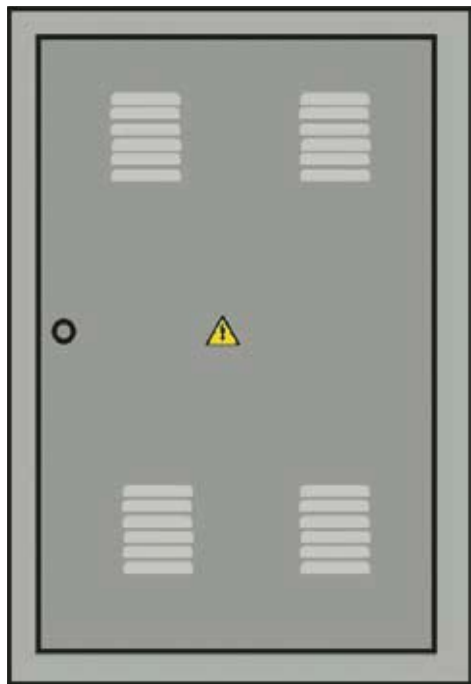
Cada rollo lleva etiqueta indicativa de:

Tipo, nominal, cantidad de metros, norma aplicable, Marcado "CE", Instrucciones de manipulación y almacenamiento, Código de barras EAN-13, fecha, nº de control y línea de fabricación.

CARACTERÍSTICAS DE INSTALACIÓN

LA INSTALACIÓN DE ESTE PRODUCTO SE REALIZARÁ SEGÚN INSTRUCCIONES DEL R.B.T

- COPIA NO CONTROLADA. ESTA INFORMACIÓN PUEDE SER MODIFICADA POR AISCAN SIN PREVIO AVISO -



Normativas legales:

I R. E. B. T. (Real Decreto 842/2002 de 2 Agosto), establece en la ITC-BT-13 apartado 1.1 y 2.1, que la Caja General de Protección y la Caja General de Protección y Medida, cuando la acometida sea subterránea se instalará siempre en un nicho en la pared que se cerrará con puerta metálica, con grado de protección IK 10 según UNE 50 102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión.

- Dispondrá de una cerradura o candado normalizado por la compañía suministradora.
- No se alojarán más de 2 Cajas Generales de Protección en el interior del mismo nicho.
- Se dispondrá también de una caja por cada línea general de alimentación, que llegue al nicho.
- La parte inferior de la puerta se encontrará a un mínimo de 30 cm del suelo.

Características técnicas:

- Puerta fabricada en chapa de acero galvanizada de 2 mm de espesor.
- Piezas de agarre en el marco para facilitar la fijación al nicho.
- Color RAL 7035 tratamiento gofrado.
- Rejillas de ventilación en la puerta.
- Grado de protección contra impactos IK 10 s/UNE 50 102.
- Logotipo de Riesgo Eléctrico, estampado en la puerta.
- Bisagras inaccesibles desde el exterior.
- Cerradura metálica, accionada por tornillo de cabeza triangular.
- Sobre demanda cualquier tipo de cerradura.

| Referencia HIMEL | Aplicación | Dimensiones del nicho |
|------------------|--|-----------------------|
| PMN4530 | CGPH-100/1 BUC | 450 x 300 x 160 |
| PMN4556 | CGPH-100/7 BUC | 450 x 560 x 160 |
| PMN7056 | CGPH-160/7 BUC CGPH-250/7 BUC CGPH-400/7 BUC | 700 x 560 x 200 |
| PMN7042 | CGPH-160/9 BUC CGPH-250/9 BUC CGPH-400/9 BUC | 700 x 420 x 200 |
| PMN6060 | CGPH-630/9 EN PN-55/CD4-CBL y PN-55/CPM MF4 DSPD-9240 C PN-55/S400 EN | 600 x 600 x 300 |
| PMN6236 | PN-52N/CS2-CBL | 620 x 360 x 250 |
| PMN4054 | PN-34/CD2-CBL y PN-34/CPM MF2 | 400 x 540 x 250 |
| PMN6542 | CS-400/EN | 650 x 420 x 300 |
| PMN7094 | 2 x CGPH-250/7 BUC 2 x CGPH-400/7 BUC | 700 x 940 x 300 |
| PMN7078 | 2 x CGPH-250/9 BUC 2 x CGPH-400/9 BUC | 700 x 780 x 300 |
| PMN6578 | PN-57/CD44-CBL PN-57/CD4-CBL | 650 x 780 x 200 |
| PMN12542 | CS-400/EN + CGPH-xxx/9 | 1.250 x 420 x 200 |

Centro Compacto de Exterior MINIBLOK



Aparata de MT y BT de un MINIBLOK

INSTALACIÓN

La instalación de un **MINIBLOK** precisa de la previa realización de una excavación, con las dimensiones indicadas en la figura. El fondo de la misma debe ser nivelado mediante una capa de arena compactada, sobre la cual se asentará el edificio.

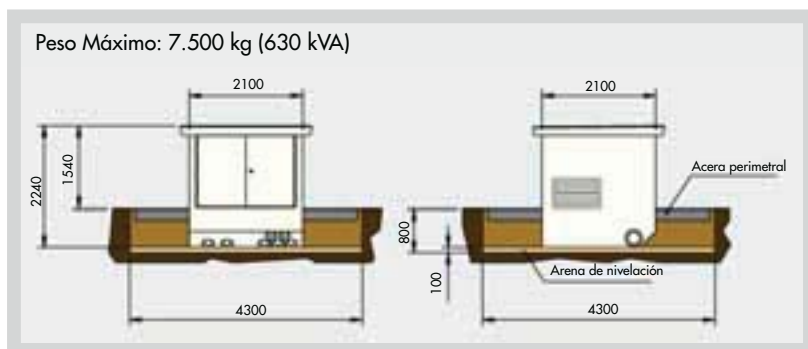
La operación de instalación se reduce al posicionamiento de este edificio en la excavación practicada al efecto, y al conexionado de los cables de Media y Baja Tensión, así como de la red de tierras exteriores. Para ello, es necesario perforar los agujeros previstos en la envolvente de hormigón.

Después de introducidos estos cables, y antes de cubrir la excavación, es preciso sellar las acometidas de los cables para evitar la entrada de agua al Centro.

EXPLOTACIÓN

Las maniobras en Media o Baja Tensión, así como el cambio de fusibles de MT o BT, se realizan abriendo las puertas del edificio, sin necesidad de acceder al interior del mismo.

Estas puertas disponen de dos posiciones seguras de apertura: a 90° y 180°.



CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

| | | |
|--|----------------------------|--|
| Generales | | MIE-RAT |
| Tensión asignada | 24kV | |
| Nivel de aislamiento | | |
| A frecuencia industrial | 50kV | |
| A impulsos tipo rayo | 125 [kV] _{cresta} | |
| Edificio prefabricado | | UNE-EN 61330, CEI 61330, RU 1303A |
| Grado de protección | IP 23D | |
| Resistencia al impacto | IK 10 | |
| Clase | 10K | |
| Celdas de Media Tensión | | UNE-EN 60298, CEI 60298, RU 6407B |
| Intensidad asignada en el embarrado | 400 A | |
| Intensidad asignada en la derivación | 200 A | |
| Intensidad de corta duración embarrado (3 s) | 16/20 kA | |
| Capacidad de ruptura combinación int.-fus. | 20 kA | |
| Transformador | | UNE 21428-1, CEI 60076, HD 428, RU 5201D |
| Potencia | 250, 400 ó 630 kA | |
| Tensión secundaria en vacío | 420 V | |
| Grupo de conexión | Dyn11 | |
| Tensión de cortocircuito | 4% | |
| Cuadro de Baja Tensión | | UNE-EN 60439-1, CEI 60439 |
| Tensión asignada | 440 V | |
| Intensidad asignada | 630 ó 1000 A | |
| Intensidad asignada en las salidas | 160, 400 ó 630 A | |

TIPOS DE MÓDULOS



CGMCOSMOS-2LP

Celda compacta, dos funciones de línea y una de protección con fusibles, que incluye tanto las prestaciones de las celdas de línea como la de protección, albergadas en una única cuba.

Extensibilidad: Derecha, izquierda, ambos lados o ninguna.



FUNCIONES DE LÍNEA Y PROTECCIÓN CON FUSIBLES

| CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS | Línea | Protección Fusibles | Línea | Protección Fusibles |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 12 kV | | 24 kV | |
| Tensión nominal | | | | |
| Intensidad nominal | | | | |
| En barras e interconexión celdas [A] | 400/630 | 400/630 | 400/630 | 400/630 |
| Acometida de líneas [A] | 400/630 | - | 400/630 | - |
| Bajante Trafo [A] | - | 200 | - | 200 |
| Tensión soportada nominal a frecuencia industrial durante 1min. | | | | |
| Entre fases y entre fases y tierra [kV] | 28 | 28 | 50 | 50 |
| A la distancia de seccionamiento [kV] | 32 | 32 | 60 | 60 |
| Tensión soportada a impulso de tipo rayo | | | | |
| Entre fases y entre fases y tierra [kV] | 75 | 75 | 125 | 125 |
| A la distancia de seccionamiento [kV] | 85 | 85 | 145 | 145 |
| Intensidad de corta duración (circuito principal) | | | | |
| Valor eficaz 1 s [kA] | 16/20*/25 | 16/20*/25 | 16/20*/25 | 16/20*/25 |
| Valor eficaz 3 s [kA] | 16/20* | 16/20* | 16/20* | 16/20* |
| Valor de pico [kA] | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 |
| Poder de corte de corriente principalmente activa [A] | 400/630 | 400 | 400/630 | 400 |
| Poder de corte cables en vacío [A] | 50 | - | 50 | - |
| Poder de corte líneas en vacío [A] | 1,5 | - | 1,5 | - |
| Poder de corte bucle cerrado [A] | 400/630 | - | 400/630 | - |
| Poder de corte de falta a tierra [A] | 300 | - | 300 | - |
| Poder de corte cables en vacío con falta a tierra [A] | 100 | - | 100 | - |
| Poder de cierre del interruptor principal [kA] | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 | 40/50*/62,5 |
| Categoría de interruptor s/IEC 60265-1 | | | | |
| "E2" [A/kA] | 630/62,5 | - | 630/62,5 | - |
| "E3" [A/kA] | 400/40 [#] | 400/40 [#] | 400/40 [#] | 400/40 [#] |
| "E3" [A/kA] | 630/50 [#] | - | 630/50 [#] | - |
| Poder de apertura de Cortocircuito (fusibles) [kA] | - | 16/20* | - | 16/20* |
| Intensidad de corta duración (circuito de tierras) | | | | |
| Valor eficaz 1 s [kA] | 16/20*/25 | 1/3 | 16/20*/25 | 1/3 |
| Valor eficaz 3 s [kA] | 16/20* | 1/3 | 16/20* | 1/3 |
| Valor de pico [kA] | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 |
| Poder de cierre Secc. de Tierra (valor de pico) [kA] | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 | 40/50*/62,5 | 2,5/7,5 |
| Categoría del Secc. de tierra s/IEC 60129 | E2-M0 | E2-M0 | E2-M0 | E2-M0 |
| Nº de cierres contra cortocircuito | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Corriente de intersección combinado interruptor-relé ekorPT (I máxima de corte según TD 5 IEC 60420) [A] | - | 1250 | - | 1250 |
| Corriente de transición combinado interruptor-fusible (I máxima de corte según TD 4 IEC 60420) [A] | - | 1500 | - | 1300 |

(*) Ensayos realizados con intensidad 21 kA / 52,5 kA

([#]) Ensayos realizados con tensión 24 kV

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

| | Alto mm | Ancho mm | Fondo mm | Peso kg |
|---------------------|---------|----------|----------|---------|
| | 1740 | 1190 | 735 | 290 |
| Bajo especificación | 1300 | 1190 | 735 | 270 |

NOTA:

Las funcionalidades adicionales de protección, medida, control y automatización son ampliadas en su apartado correspondiente, así como en el de Familia ekorSYS.

Desde 250 hasta 2500 kVA • Nivel de Aislamiento 24 kV

Transformadores sumergidos en dieléctrico líquido



DESCRIPCIÓN

Estos transformadores cumplen las siguientes características:

- Transformadores trifásicos, 50 Hz para instalación en interior o en exterior.
- Sumergidos en aceite mineral de acuerdo a la norma UNE 21-320/5-IEC 296. (otros dieléctricos líquidos bajo pedido).
- Cuba de aletas.
- Refrigeración natural (ONAN).
- El color de la capa exterior será azul verdoso muy oscuro del tipo 8010-B10G según norma UNE 48103. (otros colores bajo pedido)

ACCESORIOS DE SERIE

- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión
- Pasatapas MT de porcelana
- Pasabarras BT de porcelana
- 2 Terminales de tierra
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras
- Dispositivo de llenado
- Placa de características
- Placa de seguridad e instrucciones de servicio
- 2 Cáncamos de elevación
- 4 Dispositivos de arriostamiento
- 4 Dispositivos de arrastre
- Dispositivo para alojamiento de termómetro

ACCESORIOS OPCIONALES

- Termómetro de 2 contactos
- Conmutador de cambio de tensión sobre tapa (maniobrable sin tensión)
- Ruedas orientables bidireccionales
- Piezas de conexión BT (palas)
- Pasatapas MT enchufables
- Válvula de sobrepresión
- Otros dieléctricos líquidos (silicona, midel® 7131)
- Relé de protección (gas, presión y temperatura)
- Caja de conexiones
- Cajón cubrebornas
- Dispositivo de recogida del dieléctrico líquido.
- **Accesorios transformadores con depósito de expansión:** Depósito de expansión, nivel de aceite, desecador silicagel, relé Buchholz.

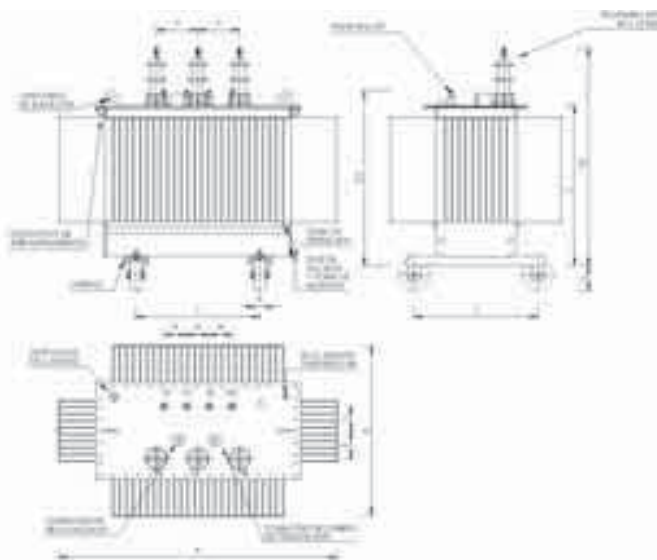
NORMAS

Estos transformadores cumplen con los requisitos de la serie de normas UNE 21.428, EN-60076, IEC 76 (se fabrica con otras normas bajo pedido)

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

| Potencia en kVA | | 250 | 400 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 |
|---|----------------------|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tensión | Primaria | Tensión más Elevada para el Material 24 kV | | | | | | | | |
| Asignada | Secundaria en Vacío* | 420 V entre fases en vacío | | | | | | | | |
| Regulación sin Tensión | | ± 2,5 ± 5% ó +2,5 + 5 + 7,5 + 10% (otras regulaciones bajo contrato) | | | | | | | | |
| Grupo de Conexión* | | Dyn 11 | | | | | | | | |
| Pérdidas en Vacío (W)* | | 650 | 930 | 1300 | 1550 | 1700 | 2130 | 2600 | 3100 | 3800 |
| Pérdidas en Carga (W)* | | 3250 | 4600 | 6500 | 8100 | 10500 | 13500 | 17000 | 20200 | 26500 |
| Impedancia de Cortocircuito % a 75° C * | | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Intensidad de Vacío al 100% de Vn* | | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1 | 0,9 |
| Nivel de Potencia Acústica* | | 62 | 65 | 67 | 68 | 68 | 70 | 71 | 73 | 76 |
| Caída de Tensión | cos φ = 1 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,2 | 1,2 |
| a Plena Carga % | cos φ = 0,8 | 3,3 | 3,2 | 3,1 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 4,4 |
| Rendimiento (%) | Carga | cos φ = 1 | 98,5 | 98,6 | 98,8 | 98,8 | 98,8 | 98,8 | 98,8 | 98,8 |
| | 100% | cos φ = 0,8 | 98,1 | 98,3 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,5 | 98,6 | 98,5 |
| | Carga | cos φ = 1 | 98,7 | 98,8 | 99,0 | 99,0 | 99,0 | 99,0 | 99,1 | 99,0 |
| | 75% | cos φ = 0,8 | 98,4 | 98,6 | 98,7 | 98,7 | 98,8 | 98,7 | 98,8 | 98,8 |

* Otras posibilidades bajo contrato



DIMENSIONES Y PESOS

Las dimensiones y pesos indicados en la tabla se dan a título de ejemplo para transformadores inmersos en aceite mineral.

Dichos datos corresponden a transformadores de 250 a 2500 kVA serie menor ó igual de 24 kV/420 V, y a las características eléctricas indicadas en la tabla precedente. Para otras tensiones, otras características eléctricas y otros dieléctricos, las dimensiones y los pesos pueden variar.

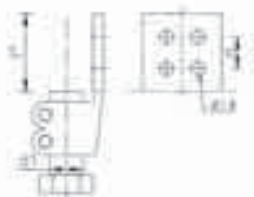
DIMENSIONES ESTÁNDAR (mm) (otras dimensiones bajo pedido)

| Potencia en kVA | 250 | 400 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600** | 2000** | 2500** |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|---------|
| A (Largo) | 1120 | 1430 | 1510 | 1780 | 1860 | 1870 | 2080 | 2140 | 2140 |
| B (Ancho) | 880 | 890 | 910 | 1080 | 1160 | 1160 | 1250 | 1290 | 1290 |
| C (Alto a tapa) | 820 | 910 | 995 | 1010 | 1065 | 1120 | 1398 | 1501 | 1501 |
| D1 (Alto a MT) | 1205 | 1295 | 1380 | 1395 | 1450 | 1505 | 1783 | 1886 | 1886 |
| D2 (Alto a BT) | 996 | 1086 | 1269 | 1335 | 1390 | 1445 | 1758 | 1861 | 1861 |
| E (MT) | 155 | 160 | 170 | 185 | 185 | 195 | 185 | 214 | 214 |
| F (MT) | 275 | 275 | 275 | 275 | 275 | 275 | 275 | 275 | 275 |
| G (BT) | 145 | 155 | 145 | 155 | 155 | 165 | 175 | 204 | 204 |
| H (BT) | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 200 | 200 | 200 |
| J (Carros) | 670 | 670 | 670 | 670 | 670 | 820 | 820 | 820 | 1070 |
| K (Ancho de ruedas) | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Ø (Ruedas) | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| L (Rueda) | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 165 | 165 | 165 | 165 |
| PASABARRAS BT (d1 Métrica) | M-20 | M-20 | M-30 | M-42 | M-42 | M-42 | M-48 | M-48 | M-48 Cu |
| PASABARRAS BT (Amp) | 630 | 630 | 1000 | 2000 | 2000 | 2000 | 3150 | 3150 | 4000 |
| VOL. ACEITE (Litros)* | 240 | 300 | 400 | 540 | 565 | 590 | 1050 | 1400 | 1500 |
| PESO TOTAL (Kg) | 980 | 1390 | 1790 | 2260 | 2445 | 2575 | 3860 | 5450 | 5750 |

* Densidad del aceite 0,88gr/cm³ a 20° C

** Dimensiones sin el depósito de expansión.

PAT 1e/630 - 1000 - 2000
3150 y 4000



PIEZAS DE CONEXIÓN BT (PALAS) (mm)

| Designación | d1 | e | f ^ø |
|-------------|---------|----|----------------|
| PAT 1e/630 | M20x2,5 | 32 | 60 |
| PAT 1e/1000 | M30x2 | 32 | 80 |
| PAT 1e/2000 | M42x3 | 50 | 100 |
| PAT 1e/3150 | M48x3 | 60 | 120 |
| PAT 1e/4000 | | | |

TERMINAL
ENCHUFABLE
ACODADO

TERMINAL
ENCHUFABLE
RECTO





ORMAZABAL



Cuadros de Baja Tensión



CBTO Cuadro de Baja Tensión Optimizado



DESCRIPCIÓN

Cuadro de **Baja Tensión Optimizado (CBTO)** para redes de Distribución Pública de Baja Tensión y uso en el interior de Centros de Transformación.



MODELOS

CBTO-C para CT convencionales (hasta 8 salidas tamaño 2).

CBTO-K para CT compactos (hasta 5 salidas tamaño 2).



CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Elevada seguridad (IP2X en todo el cuadro).
- Calidad de Servicio.
- Fiabilidad.
- Compartimentación de las diferentes unidades funcionales.
- Anclaje mecánico de las bases a la placa soporte aislante.
- Materiales autoextinguibles.
- Facilidad de maniobra.

VENTAJAS SOBRE EL CBT UNESA

- Refuerzo del aislamiento (ausencia partes metálicas accesibles).
- Mejora del grado IP: se impide el acceso a partes activas.
- Mayor **seguridad** en las maniobras de instalación y/o sustitución de bases.
- Eliminación del riesgo de **arco interno**.
- Facilidad de **conexión de Grupo Electrónico**.
- Gran sencillez en el seccionamiento y aislamiento entre transformador y CBT.
- Facilidad para la ampliación del número de salidas BT.
- Disminución del espacio ocupado.
- Limitación de fallos y sus daños asociados.

NORMATIVA APLICADA

- UNE EN 60439-1
- UNE EN 60947-3
- Ensayos Adicionales
 - Análisis de comportamiento ante el fuego.
 - Análisis frente a arco interno, según UNE 201001.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

UNIDADES FUNCIONALES

- Placa soporte compartimentada, de material aislante y autoextinguible.
- Unidad seccionadora con unidad de acometida principal y auxiliar (o de socorro) integradas.
 - Funciones principales:
 - Acometida + Seccionamiento + Alimentación a embarrado de distribución.
 - Funciones adicionales:
 - Control y medida + Acometida auxiliar (o de socorro).
 - Seccionador:
 - Constituido por 4 unidades unipolares acoplables entre sí (vertical u horizontalmente).
 - Maniobra unipolar manual (categoría de empleo AC20B).
 - Accionamiento mediante herramienta específica.
 - Compatibilidad con BTVC (185 mm entre ejes).
 - Integración de transformadores de intensidad.
- Unidad de protección constituida por bases tripolares verticales cerradas.
- Unidad de control y medida.
- Bastidor de anclaje (suelo o pared).
- Soporte para cables de salida de las líneas de distribución de BT.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

| | |
|---|--|
| Tensión asignada | 440 V |
| Intensidad asignada | 1600 A |
| Tensión soportada a frecuencia industrial | 2,5 kV (partes activas) 10 kV (partes activas - masa) |
| Tensión soportada a impulso tipo rayo | 20 kV |
| Intensidad de cortocircuito | 25kA / 1s |
| Grado de protección | IP 2X, IK 08 |

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

CBTO-C (Ancho x Alto x Fondo) [mm] 1000 x 1500 x 300

CBTO-K (Ancho x Alto x Fondo) [mm] 600 x 1100 x 300

Fusibles de acompañamiento de media tensión
para instalaciones de interior y exterior.
HV-Back-up fuse links
for indoor and outdoor mounting

20/36kV

| Gama de tensión nominal Rated voltage range U_n kV | Intensidad nominal Rated current I_n A | Dimensiones Dimensions "e" mm d mm | | Código Part No. | Poder de corte Rated breaking current I_a / kA | Intensidad mínima de corte Minimum breaking current I_{min} / A | Resistencia en frío Cold resistance R_k / mOhm | Pérdidas Power loss P_v / W | Peso Weight kg |
|---|---|--|----|--------------------|--|---|--|-------------------------------------|----------------------|
| 20 / 36 | 6,3 10 16 | 442 | 53 | 30 181 13 | 40 | 25 40 56 | 482 385 241 | 42 70 74 | 2,2 |
| | 6,3 10 16 20 25 | | | | | 25 40 56 70 90 | 492 385 241 129 99 | 42 70 79 66 87 | |
| | 31,5 40 | 537 medida estándar standard size | 67 | 30 016 13 | 40 | 110 140 | 80 60 | 102 144 | 3,5 |
| | 50 63 | | 85 | 30 024 13 | | 170 210 | 44 32 | 186 224 | 6,0 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| Tensión nominal en kV | | Potencia Nominal del transformador en kVA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|---|----|----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Red | Fusible | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | |
| | | Intensidad Nominal del fusible | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 6/12 | 6 | 10 | 16 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | |
| 13,5 | 10/24 | 4 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | |
| 15 | 10/24 | 4 | 6 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | |
| 20 | 10/24 | 4 | 6 | 10 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| 25 | 20/36 | 2 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | 80 | |
| 30 | 20/36 | 2 | 4 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 | 80 | |

▼ **Tabla de selección de fusibles de media tensión (Gama de utilización válida)** ▲ **Tabla de selección de fusibles de media Tensión (Recomendada)**

| Tensión nominal en kV | | Potencia Nominal del transformador en kVA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|--|------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
| Red | Fusible | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | |
| | | Intensidad Nominal del fusible (Mínimo/Máximo) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 6/12 | 3/6 | 6/16 | 10/20 | 16/20 | 16/40 | 20/40 | 25/50 | 31,5/63 | 40/80 | 50/100 | 63/125 | 80/200 | 100/200 | 125/200 | 160/250 | 200/250 | 250 | |
| 13,5 | 10/24 | 3/6 | 6/10 | 10/16 | 10/20 | 16/25 | 16/31,5 | 20/40 | 25/50 | 31,5/63 | 40/80 | 50/100 | 63/125 | 80/160 | 100/125 | 125/160 | 160/200 | 200/250 | |
| 15 | 10/24 | 3/4 | 4/10 | 6/16 | 10/16 | 10/25 | 16/31,5 | 16/40 | 20/40 | 25/63 | 31,5/63 | 40/80 | 50/100 | 63/125 | 80/125 | 100/125 | 125/200 | 160/250 | |
| 20 | 10/24 | 2/4 | 3/6 | 6/10 | 6/16 | 10/16 | 10/20 | 16/25 | 16/40 | 20/40 | 25/50 | 31,5/63 | 40/80 | 50/100 | 63/80 | 80/100 | 100/125 | 125/200 | |
| 25 | 20/36 | 2 | 3/4 | 4/6 | 6/10 | 6/16 | 10/20 | 10/25 | 16/31,5 | 16/31,5 | 20/40 | 25/50 | 31,5/63 | 40/100 | 50/63 | 63/80 | 80 | 80 | |
| 30 | 20/36 | 2 | 3/4 | 3/6 | 4/10 | 6/10 | 10/16 | 10/20 | 10/25 | 16/31,5 | 16/40 | 20/50 | 25/50 | 31,5/63 | 40/63 | 50/80 | 63/80 | 80 | |

Tablas de selección de fusibles de media tensión para protección de transformadores.



JIMENEZ BELINCHON, S.A.

APOYOS DE CELOSIA

MEDIDAS GENERALES

RECOMENDACION UNESA 6704 A Y R.L.A.T. 28-11-68

| ALTURA TOTAL | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| APOYOS C-500 | ALTURA LIBRE | 8,70 | 10,70 | 12,60 | 14,60 | 16,50 | 18,50 | 20,40 | 22,40 | 24,40 | 26,40 | 28,40 |
| | EMPOTRAMIENTO | 1,30 | 1,30 | 1,40 | 1,40 | 1,50 | 1,50 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 |
| | ANCHO SOB. HOR. | 687 | 760 | 837 | 910 | 989 | 1062 | 1142 | 1215 | 1298 | 1370 | 1455 |
| | ANCHO BASE INF. | 734 | 807 | 888 | 961 | 1044 | 1117 | 1200 | 1273 | 1358 | 1431 | 1516 |
| | PESO DEL APOYO | 249 | 294 | 350 | 403 | 469 | 532 | 602 | 682 | 765 | 848 | 933 |

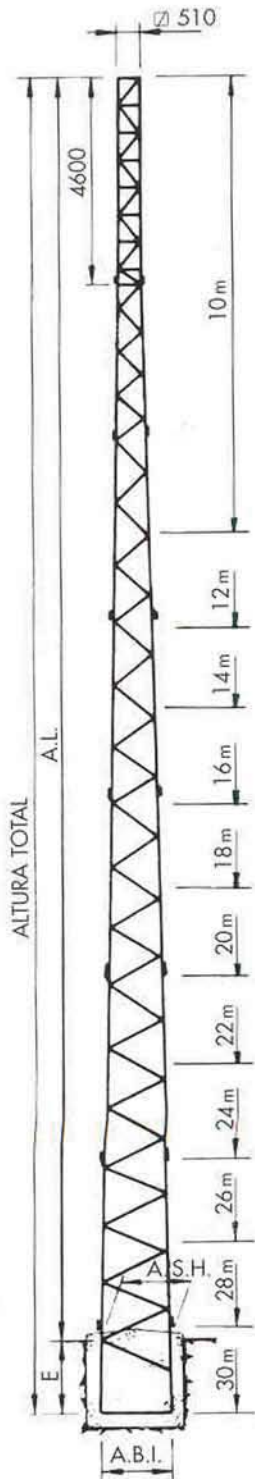
| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| APOYOS C-1000 | ALTURA LIBRE | 8,40 | 10,40 | 12,30 | 14,30 | 16,20 | 18,20 | 20,20 | 22,20 | 24,20 | 26,20 | 28,20 |
| | EMPOTRAMIENTO | 1,60 | 1,60 | 1,70 | 1,70 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 | 1,80 |
| | ANCHO SOB. HOR. | 676 | 748 | 828 | 900 | 980 | 1052 | 1135 | 1207 | 1291 | 1363 | 1447 |
| | ANCHO BASE INF. | 733 | 805 | 889 | 961 | 1044 | 1116 | 1200 | 1272 | 1356 | 1427 | 1511 |
| | PESO DEL APOYO | 279 | 344 | 425 | 500 | 583 | 661 | 746 | 844 | 945 | 1047 | 1152 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| APOYOS C-2000 | ALTURA LIBRE | 8,40 | 10,10 | 12,10 | 14,00 | 16,00 | 17,90 | 19,90 | 21,90 | 23,90 | 25,90 | 27,90 |
| | EMPOTRAMIENTO | 1,60 | 1,90 | 1,90 | 2,00 | 2,00 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 2,10 |
| | ANCHO SOB. HOR. | 690 | 756 | 845 | 918 | 1007 | 1080 | 1169 | 1250 | 1343 | 1420 | 1513 |
| | ANCHO BASE INF. | 752 | 829 | 918 | 995 | 1084 | 1161 | 1250 | 1331 | 1424 | 1501 | 1594 |
| | PESO DEL APOYO | 420 | 516 | 621 | 702 | 825 | 916 | 1046 | 1189 | 1334 | 1482 | 1632 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| APOYOS C-3000 | ALTURA LIBRE | 8,30 | 10,00 | 11,90 | 13,80 | 15,80 | 17,70 | 19,60 | 21,60 | 23,60 | 25,60 | 27,60 |
| | EMPOTRAMIENTO | 1,70 | 2,00 | 2,10 | 2,20 | 2,20 | 2,30 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 2,40 |
| | ANCHO SOB. HOR. | 688 | 752 | 839 | 911 | 1002 | 1073 | 1144 | 1235 | 1310 | 1405 | 1480 |
| | ANCHO BASE INF. | 752 | 827 | 918 | 993 | 1084 | 1159 | 1250 | 1325 | 1420 | 1495 | 1590 |
| | PESO DEL APOYO | 468 | 583 | 712 | 812 | 961 | 1074 | 1227 | 1382 | 1564 | 1752 | 1942 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| APOYOS C-4500 | ALTURA LIBRE | 8,10 | 9,80 | 11,70 | 13,60 | 15,60 | 17,50 | 19,40 | 21,40 | 23,40 | 25,40 | 27,40 |
| | EMPOTRAMIENTO | 1,90 | 2,20 | 2,30 | 2,40 | 2,40 | 2,50 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 | 2,60 |
| | ANCHO SOB. HOR. | 682 | 744 | 833 | 903 | 976 | 1065 | 1135 | 1228 | 1301 | 1394 | 1468 |
| | ANCHO BASE INF. | 751 | 824 | 917 | 991 | 1084 | 1157 | 1250 | 1323 | 1416 | 1489 | 1583 |
| | PESO DEL APOYO | 628 | 785 | 1001 | 1170 | 1394 | 1573 | 1801 | 2016 | 2234 | 2456 | 2680 |

A.L. - Altura libre (m)
 E. - Empotramiento (m)
 A.S.H. - Ancho sobre hormigón (mm)
 A.B.I. - Ancho base inferior (mm)
 Peso del apoyo en kg.

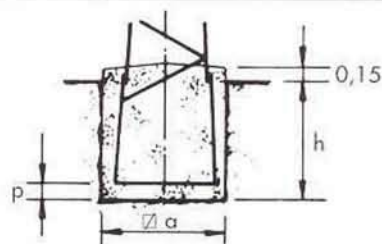




CIMENTACIONES

Se reflejan en el cuadro adjunto las cimentaciones aconsejables para empotrar los apoyos en terrenos con compresibilidad de 8,12 y 16 kg/cm² a 2 m bajo la superficie.

Estos valores se han calculado al vuelco por la formula SULZBERGER según artículo 31 del R.L.A.T.



DIMENSIONES DE LAS CIMENTACIONES

| | | | C-500 | | | C-1000 | | | C-2000 | | | C-3000 | | | C-4500 | | |
|------------------------|----|---|-------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|
| | | | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 |
| ALTURA TOTAL DEL APOYO | 10 | a | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 |
| | | h | 1,60 | 1,45 | 1,35 | 1,87 | 1,69 | 1,65 | 2,19 | 1,97 | 1,83 | 2,43 | 2,19 | 2,03 | 2,68 | 2,41 | 2,24 |
| | | V | 1,16 | 1,05 | 0,97 | 1,35 | 1,22 | 1,19 | 1,77 | 1,59 | 1,48 | 1,97 | 1,77 | 1,64 | 2,17 | 1,95 | 1,81 |
| | 12 | a | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| | | h | 1,68 | 1,51 | 1,41 | 1,95 | 1,76 | 1,65 | 2,26 | 2,03 | 1,95 | 2,50 | 2,25 | 2,09 | 2,76 | 2,48 | 2,31 |
| | | V | 1,36 | 1,22 | 1,14 | 1,58 | 1,42 | 1,33 | 2,04 | 1,83 | 1,76 | 2,25 | 2,03 | 1,88 | 2,49 | 2,24 | 2,08 |
| | 14 | a | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 | 1,02 |
| | | h | 1,71 | 1,54 | 1,45 | 1,98 | 1,79 | 1,75 | 2,32 | 2,09 | 1,95 | 2,56 | 2,31 | 2,15 | 2,82 | 2,54 | 2,36 |
| | | V | 1,71 | 1,54 | 1,45 | 1,98 | 1,79 | 1,75 | 2,41 | 2,17 | 2,03 | 2,66 | 2,40 | 2,23 | 2,94 | 2,64 | 2,45 |
| | 16 | a | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,06 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| | | h | 1,76 | 1,59 | 1,48 | 2,03 | 1,83 | 1,75 | 2,36 | 2,12 | 2,05 | 2,60 | 2,34 | 2,25 | 2,86 | 2,58 | 2,45 |
| | | V | 1,98 | 1,79 | 1,66 | 2,28 | 2,05 | 1,96 | 2,85 | 2,57 | 2,48 | 3,14 | 2,83 | 2,72 | 3,46 | 3,12 | 2,96 |
| | 18 | a | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 | 1,19 |
| | | h | 1,79 | 1,62 | 1,55 | 2,06 | 1,86 | 1,85 | 2,39 | 2,15 | 2,05 | 2,63 | 2,37 | 2,25 | 2,90 | 2,62 | 2,45 |
| | | V | 2,36 | 2,14 | 2,05 | 2,72 | 2,46 | 2,44 | 3,38 | 3,05 | 2,90 | 3,72 | 3,35 | 3,18 | 4,10 | 3,70 | 3,47 |
| | 20 | a | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,22 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 1,26 |
| | | h | 1,82 | 1,65 | 1,55 | 2,09 | 1,89 | 1,85 | 2,42 | 2,19 | 2,15 | 2,66 | 2,41 | 2,35 | 2,94 | 2,65 | 2,55 |
| | | V | 2,71 | 2,45 | 2,31 | 3,11 | 2,81 | 2,75 | 3,84 | 3,47 | 3,41 | 4,23 | 3,82 | 3,73 | 4,67 | 4,20 | 4,05 |
| | 22 | a | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 | 1,35 |
| | | h | 1,85 | 1,67 | 1,65 | 2,12 | 1,92 | 1,85 | 2,44 | 2,21 | 2,15 | 2,68 | 2,45 | 2,45 | 2,96 | 2,67 | 2,65 |
| | | V | 3,12 | 2,83 | 2,79 | 3,58 | 3,24 | 3,12 | 4,45 | 4,03 | 3,92 | 4,89 | 4,46 | 4,46 | 5,39 | 4,86 | 4,83 |
| | 24 | a | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 | 1,43 |
| | | h | 1,89 | 1,71 | 1,65 | 2,15 | 1,94 | 1,85 | 2,47 | 2,23 | 2,15 | 2,71 | 2,45 | 2,45 | 2,98 | 2,69 | 2,65 |
| | | V | 3,54 | 3,20 | 3,10 | 4,03 | 3,64 | 3,47 | 5,05 | 4,56 | 4,39 | 5,54 | 5,01 | 5,01 | 6,10 | 5,51 | 5,42 |
| | 26 | a | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 1,46 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 |
| | | h | 1,90 | 1,72 | 1,65 | 2,16 | 1,96 | 1,85 | 2,48 | 2,24 | 2,15 | 2,72 | 2,46 | 2,45 | 3,00 | 2,71 | 2,65 |
| | | V | 4,05 | 3,67 | 3,51 | 4,60 | 4,16 | 3,94 | 5,74 | 5,18 | 4,96 | 6,29 | 5,69 | 5,66 | 6,93 | 6,26 | 6,12 |
| | 28 | a | 1,53 | 1,53 | 1,53 | 1,53 | 1,53 | 1,53 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 | 1,60 |
| | | h | 1,93 | 1,74 | 1,65 | 2,18 | 1,97 | 1,85 | 2,50 | 2,26 | 2,15 | 2,74 | 2,48 | 2,45 | 3,02 | 2,73 | 2,65 |
| | | V | 4,50 | 4,08 | 3,86 | 5,11 | 4,62 | 4,33 | 6,40 | 5,78 | 5,50 | 7,02 | 6,35 | 6,27 | 7,73 | 6,98 | 6,78 |
| | 30 | a | 1,62 | 1,62 | 1,62 | 1,62 | 1,62 | 1,62 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 |
| | | h | 1,94 | 1,76 | 1,65 | 2,19 | 1,98 | 1,85 | 2,51 | 2,27 | 2,15 | 2,75 | 2,48 | 2,45 | 3,03 | 2,73 | 2,65 |
| | | V | 5,08 | 4,60 | 4,33 | 5,76 | 5,20 | 4,85 | 7,25 | 6,54 | 6,21 | 7,94 | 7,18 | 7,08 | 8,75 | 7,89 | 7,66 |

Dimensiones en metros

(p) Cota a respetar bajo el apoyo, para cumplir las alturas libres indicadas en la Recomendación UNESA 6704 A

| | | C-500 | | | C-1000 | | | C-2000 | | | C-3000 | | | C-4500 | | |
|------------------------|----|-------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|--------|------|------|
| | | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 | K8 | K12 | K16 |
| ALTURA TOTAL DEL APOYO | 10 | 0,30 | 0,15 | 0,05 | 0,27 | 0,09 | 0,05 | 0,59 | 0,37 | 0,23 | 0,73 | 0,49 | 0,33 | 0,78 | 0,51 | 0,34 |
| | 12 | 0,38 | 0,21 | 0,11 | 0,35 | 0,16 | 0,05 | 0,36 | 0,13 | 0,05 | 0,50 | 0,25 | 0,09 | 0,56 | 0,28 | 0,11 |
| | 14 | 0,31 | 0,14 | 0,05 | 0,28 | 0,09 | 0,05 | 0,42 | 0,19 | 0,05 | 0,46 | 0,21 | 0,05 | 0,52 | 0,24 | 0,06 |
| | 16 | 0,36 | 0,19 | 0,08 | 0,33 | 0,13 | 0,05 | 0,36 | 0,12 | 0,05 | 0,40 | 0,14 | 0,05 | 0,46 | 0,18 | 0,05 |
| | 18 | 0,29 | 0,12 | 0,05 | 0,26 | 0,06 | 0,05 | 0,39 | 0,15 | 0,05 | 0,43 | 0,17 | 0,05 | 0,50 | 0,22 | 0,05 |
| | 20 | 0,32 | 0,15 | 0,05 | 0,29 | 0,09 | 0,05 | 0,32 | 0,09 | 0,05 | 0,36 | 0,11 | 0,05 | 0,44 | 0,15 | 0,05 |
| | 22 | 0,25 | 0,07 | 0,05 | 0,32 | 0,12 | 0,05 | 0,34 | 0,11 | 0,05 | 0,28 | 0,05 | 0,05 | 0,36 | 0,07 | 0,05 |
| | 24 | 0,29 | 0,11 | 0,05 | 0,35 | 0,14 | 0,05 | 0,37 | 0,13 | 0,05 | 0,31 | 0,05 | 0,05 | 0,38 | 0,09 | 0,05 |
| | 26 | 0,30 | 0,12 | 0,05 | 0,36 | 0,16 | 0,05 | 0,38 | 0,14 | 0,05 | 0,32 | 0,06 | 0,05 | 0,40 | 0,11 | 0,05 |
| | 28 | 0,33 | 0,14 | 0,05 | 0,38 | 0,17 | 0,05 | 0,40 | 0,16 | 0,05 | 0,34 | 0,08 | 0,05 | 0,42 | 0,13 | 0,05 |
| | 30 | 0,34 | 0,16 | 0,05 | 0,39 | 0,18 | 0,05 | 0,41 | 0,17 | 0,05 | 0,35 | 0,08 | 0,05 | 0,43 | 0,13 | 0,05 |



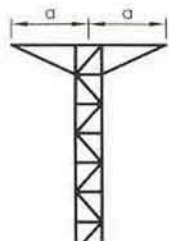
JIMENEZ BELINCHON, S.A.

APOYOS DE CELOSIA

ARMADOS C-500 A C-4500

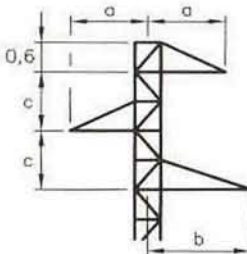
RECOMENDACION UNESA 6704 A

SIMPLE CIRCUITO



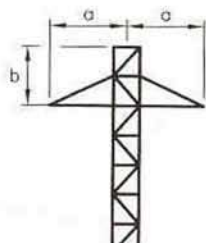
HORIZONTAL (Var. perfil UPN)

| ARMADO | a | PESO | |
|--------|------|------|-----|
| | | Ang. | UPN |
| H-10 | 1,25 | 45 | 64 |
| H-20 | 1,50 | 61 | 73 |
| H-30 | 1,75 | 69 | 84 |
| H-40 | 2,00 | 82 | 106 |



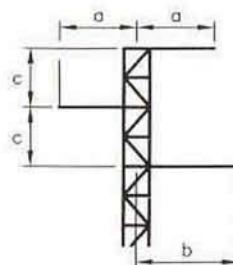
TRESBOLILLO (Perfil angular)

| ARMADO | a | b | c | PESO |
|---------|------|------|------|------|
| TB-12 L | 1,25 | 1,50 | 1,20 | 68 |
| TB-22 L | 1,50 | 1,75 | 1,20 | 88 |
| TB-23 L | 1,50 | 1,75 | 1,80 | 88 |



TRIANGULO (Var. perfil UPN)

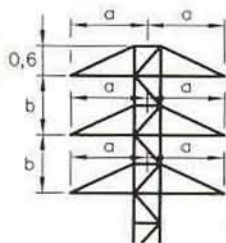
| ARMADO | a | b | PESO | |
|--------|------|------|------|-----|
| | | | Ang. | UPN |
| T-11 | 1,25 | 0,60 | 45 | 64 |
| T-12 | 1,25 | 1,20 | 45 | 64 |
| T-22 | 1,50 | 1,20 | 61 | 73 |
| T-33 | 1,75 | 1,80 | 69 | 84 |
| T-43 | 2,00 | 1,80 | 82 | 106 |



TRESBOLILLO (Perfil UPN)

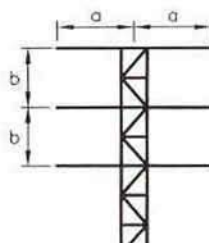
| ARMADO | a | b | c | PESO |
|---------|------|------|------|------|
| TB-12 U | 1,25 | 1,50 | 1,20 | 92 |
| TB-22 U | 1,50 | 1,75 | 1,20 | 107 |
| TB-23 U | 1,50 | 1,75 | 1,80 | 107 |

DOBLE CIRCUITO



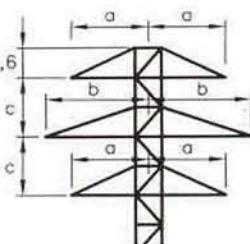
RECTANGULO (Perfil angular)

| ARMADO | a | b | PESO |
|--------|------|------|------|
| R-12 L | 1,25 | 1,20 | 120 |
| R-22 L | 1,50 | 1,20 | 168 |
| R-23 L | 1,50 | 1,80 | 168 |



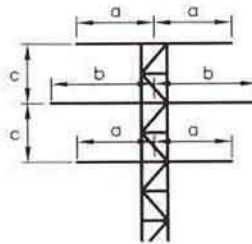
RECTANGULO (Perfil UPN)

| ARMADO | a | b | PESO |
|--------|------|------|------|
| R-12 U | 1,25 | 1,20 | 176 |
| R-22 U | 1,50 | 1,20 | 203 |
| R-23 U | 1,50 | 1,80 | 203 |



EXAGONO (Perfil angular)

| ARMADO | a | b | c | PESO |
|--------|------|------|------|------|
| E-12 L | 1,25 | 1,50 | 1,20 | 136 |
| E-22 L | 1,50 | 1,75 | 1,20 | 176 |
| E-23 L | 1,50 | 1,75 | 1,80 | 176 |



EXAGONO (Perfil UPN)

| ARMADO | a | b | c | PESO |
|--------|------|------|------|------|
| E-12 U | 1,25 | 1,50 | 1,20 | 185 |
| E-22 U | 1,50 | 1,75 | 1,20 | 214 |
| E-23 U | 1,50 | 1,75 | 1,80 | 214 |

Dimensiones en metros. Pesos en kilos incluido galvanizado y tornillería

Generalidades

Generalities

Generalités

Los cortacircuitos de simple expulsión CUT-OUT pueden utilizarse como seccionadores, basta para ello sustituir el portafusibles por una cuchilla seccionadora de desconexión, fabricada en aleación de cobre, que puede llevar permanentemente una corriente de 200 A.

Los Cut-out pueden operar con los seccionizadores automáticos SEIN (Monofásico), SIT (Trifásico) de INAEL o cualquier otro con dimensiones normalizadas.

The single venting CUT-OUT can be used as off-load disconnecter, changing the fuse-holder for a brass disconnecting blade, that is available with a rated current of 200 A.

The Cut-out also could use the automatic sectionalising SEIN (single-pole), SIT (three-pole) or any other with standardized dimensions.

Les coupe-circuits de simple expulsion CUT-OUT peuvent être utilisés comme sectionneurs. Pour cela, il suffit de remplacer le porte-fusible par un autre similaire en cuivre massif qui peut supporter de façon permanente, un courant de 200A.

Les Cut-out peuvent aussi utiliser les sectionnaliseurs automatiques SEIN (unipolaire), SIT (Tripolaire) ou n'importe quel autre avec dimensions normalisées.

Características eléctricas

Electrical characteristics

Caractéristiques électriques

| Tipo Type Type | Código Code Code | Ur kV | Intensidad nominal Rated current • Courant assigné | | | Poder de corte Breaking power Pouvoir de coupure | | Tensiones soportadas Withstand voltages • Tensions de tenue | | | |
|----------------------|------------------------|----------|---|--|--|--|--|--|---|---|---|
| | | | Base A | Portafusible Fuse holder Portefusible A | Cuchilla seccionadora Disconnecting blade Sectionneur A | kA eficaces - kA rms | | 50 Hz 1 min kV eficaces - kV rms | | Impulso 1,2/50 µs kV cresta - kV peak - kV crete | |
| | | | | | | Simétrico Symmetrical Symétrique | Asimétrico Asymmetrical Assymétrique | A masa To earth A la terre | Seccionamiento Isolating distance Sectionnement | A masa To earth A la terre | Seccionamiento Isolating distance Sectionnement |
| | | | | | | | | | | | |
| A-1000 | 3A151000 | 15 | 200 | 100 | 200 | 8 | 12 | 35 | 45 | 95 | 115 |
| A-1200 | 3A241000 | 24 | 200 | 100 | 200 | 8 | 12 | 50 | 60 | 125 | 145 |
| A-1200-V/24 | 3AV241000 | | | | | | | | | | |
| A-1200-P/24 | 3AP241000 | | | | | | | | | | |
| A-1200-VP/24 | 3AVP2400 | | | | | | | | | | |
| A-1200/36 | 3A361000 | 36 | 200 | 100 | 200 | 8 | 12 | 70 | 80 | 170 | 195 |
| A-1200/36/GL | 3A3610GL | | | | | | | | | | |
| A-1200-V/36 | 3AV361000 | | | | | | | | | | |
| A-1200-VP/36 | 3AVP3600 | | | | | | | | | | |

Protecciones

Protections

Protections

Para la confección de las tablas de fusibles recomendadas para la protección de transformadores y condensadores, nos hemos basado en estudios técnicos y en los casos prácticos de utilización; los tipos recomendados son válidos cuando la temperatura ambiente, en el lugar de utilización, esté comprendida entre -10 °C y 40 °C. Para condiciones ambientales diferentes les rogamos nos consulten.

For perform the tables of fuses recommended for the protection of transformers and capacitors, we have based on technical studies and in practical cases of use; they are valid when the ambient temperature in the place of use, is understood between -10 °C to 40 °C. For environmental different conditions please consult us.

Pour la confection des tableaux de fusibles recommandés pour la protection des transformateurs et condensateurs, nous nous sommes basés sur de études techniques et sur des cas pratiques d'utilisation. Ces tableaux sont valables lorsque la température ambiante sur le lieu d'utilisation est comprise entre 10°C et 40°C. Dans des conditions ambiantes différentes, veuillez vous mettre en contact avec nous.

Protección de transformadores
Transformers protection
Protection des transformateurs

| Potencia Power Puissance kVA | Tensión asignada kV • Rated voltage kV • Tensión assigné kV | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---------|-----|-----------|-----|---------|-----|---------|----|---------|----|
| | 6 - 7.2 | | 10 - 12 | | 15 - 17.5 | | 20 - 24 | | 25 - 28 | | 30 - 36 | |
| | Corriente de los transformadores A Transformer's currents A • Courant des transformateurs A | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1 | 2 | 0.6 | 2 | 0.38 | 2 | 0.3 | 2 | | | | |
| 15 | 1.5 | 4 | 0.9 | 2 | 0.57 | 2 | 0.46 | 2 | 0.35 | 2 | | |
| 20 | 2 | 4 | 1.15 | 2 | 0.77 | 2 | 0.57 | 2 | 0.46 | 2 | 0.4 | 2 |
| 25 | 2.4 | 6 | 1.44 | 2 | 0.96 | 2 | 0.72 | 2 | 0.57 | 2 | 0.5 | 2 |
| 50 | 4.8 | 10 | 2.9 | 6 | 1.92 | 4 | 1.4 | 4 | 1.15 | 2 | 1 | 2 |
| 75 | 7.2 | 16 | 4.3 | 10 | 2.9 | 6 | 2 | 4 | 1.73 | 4 | 1.4 | 4 |
| 100 | 9.6 | 16 | 5.8 | 10 | 3.8 | 6 | 2.9 | 4 | 2.3 | 4 | 1.9 | 4 |
| 125 | 12 | 20 | 7.2 | 16 | 4.8 | 10 | 3.6 | 6 | 2.9 | 6 | 2.4 | 6 |
| 160 | 15.4 | 25 | 9.2 | 16 | 6 | 10 | 4.6 | 10 | 3.7 | 6 | 3.1 | 6 |
| 200 | 19.2 | 32 | 11.5 | 20 | 7.7 | 16 | 5.8 | 10 | 4.6 | 10 | 3.8 | 6 |
| 250 | 24 | 40 | 14.4 | 25 | 9.3 | 16 | 7.2 | 16 | 5.7 | 10 | 4.8 | 10 |
| 315 | 30 | 50 | 18.2 | 32 | 12 | 20 | 9 | 16 | 7.3 | 16 | 6 | 10 |
| 400 | 39 | 63 | 23 | 40 | 15.4 | 25 | 11.5 | 20 | 9.2 | 20 | 7.7 | 16 |
| 500 | 48 | 100 | 29 | 50 | 19.2 | 32 | 14.4 | 25 | 11.5 | 20 | 9.6 | 16 |
| 630 | | | 36.4 | 63 | 24.2 | 40 | 18.2 | 32 | 14.5 | 25 | 12 | 20 |
| 800 | | | 46.2 | 80 | 30.8 | 63 | 23 | 40 | 18.5 | 32 | 15.4 | 25 |
| 1000 | | | 57.8 | 100 | 38.5 | 63 | 29 | 50 | 23 | 40 | 19.2 | 20 |
| 1250 | | | | | 48 | 80 | 36 | 63 | 29 | 50 | 24 | 40 |
| 1600 | | | | | 61 | 100 | 46.2 | 80 | 37 | 80 | 30.8 | 63 |
| 2000 | | | | | | | 57.8 | 100 | 46.2 | 80 | 38.5 | 80 |
| | Corriente asignada de los fusibles A Fuses rated currents A • Courant assigné des fusibles A | | | | | | | | | | | |

Protección de condensadores
Capacitors protection
Protection des condensateurs

| Potencia Power Puissance | Tensión asignada kV • Rated voltage kV • Tensión assigné kV | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|---------|----|-----------|----|---------|----|---------|---|---------|---|
| | 6 - 7.2 | | 10 - 12 | | 15 - 17.5 | | 20 - 24 | | 25 - 28 | | 30 - 36 | |
| kVA | Corriente de los condensadores A Capacitors currents A • Courant des condensateurs A | | | | | | | | | | | |
| 10 | 1 | 2 | 0.6 | 2 | 0.38 | 2 | 0.3 | 2 | | | | |
| 15 | 1.5 | 4 | 0.9 | 2 | 0.57 | 2 | 0.46 | 2 | 0.35 | 2 | | |
| 20 | 2 | 4 | 1.15 | 2 | 0.77 | 2 | 0.57 | 2 | 0.46 | 2 | 0.4 | 2 |
| 25 | 2.4 | 4 | 1.44 | 2 | 0.96 | 2 | 0.72 | 2 | 0.57 | 2 | 0.5 | 2 |
| 50 | 4.8 | 6 | 2.9 | 4 | 1.92 | 4 | 1.4 | 4 | 1.15 | 2 | 1 | 2 |
| 75 | 7.2 | 10 | 4.3 | 6 | 2.9 | 4 | 2 | 4 | 1.73 | 4 | 1.4 | 4 |
| 100 | 9.6 | 16 | 5.8 | 10 | 3.8 | 6 | 2.9 | 4 | 2.3 | 4 | 1.9 | 4 |
| 125 | 12 | 16 | 7.2 | 10 | 4.8 | 6 | 3.6 | 6 | 2.9 | 4 | 2.4 | 4 |
| 160 | 15.4 | 20 | 9.2 | 16 | 6 | 10 | 4.6 | 10 | 3.7 | 6 | 3.1 | 4 |
| 200 | 19.2 | 25 | 11.5 | 16 | 7.7 | 10 | 5.8 | 10 | 4.6 | 6 | 3.8 | 6 |
| Corriente asignada de los fusibles A Fuses rated currents A • Courant assigné des fusibles A | | | | | | | | | | | | |

Cut-outs cerámicos de simple expulsión

Descripción
Description
Description

Los modelos A-1000 y A-1200 son cortacircuitos de expulsión de un solo aislador aptos para su utilización en sistemas de distribución de 15 kV y 24 kV.

Los modelos A-1200/36 y A-1200/36/GL son los apropiados para sistemas de tensión de 30/36 kV.

El modelo A-1200/36/GL es un cortacircuitos de expulsión con aislador de porcelana con gran línea de fuga.

A-1000 and A-1200 types are expulsion Cut-outs with a single insulator, able to be used in distribution systems 15 kV and 24 kV.

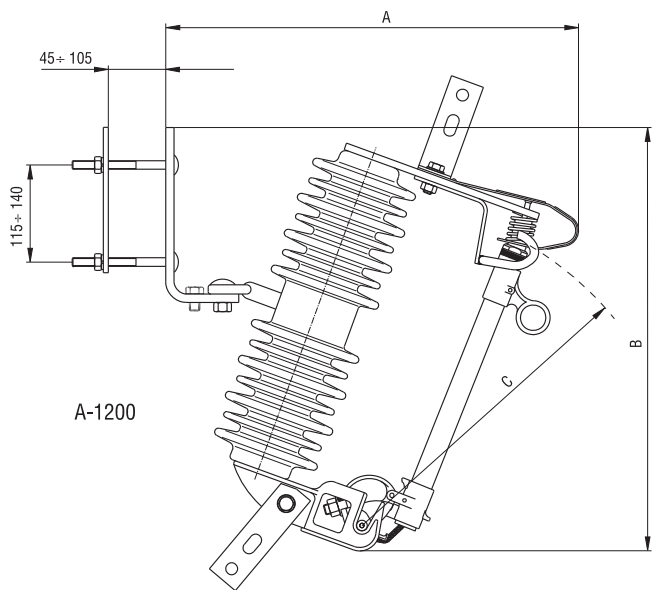
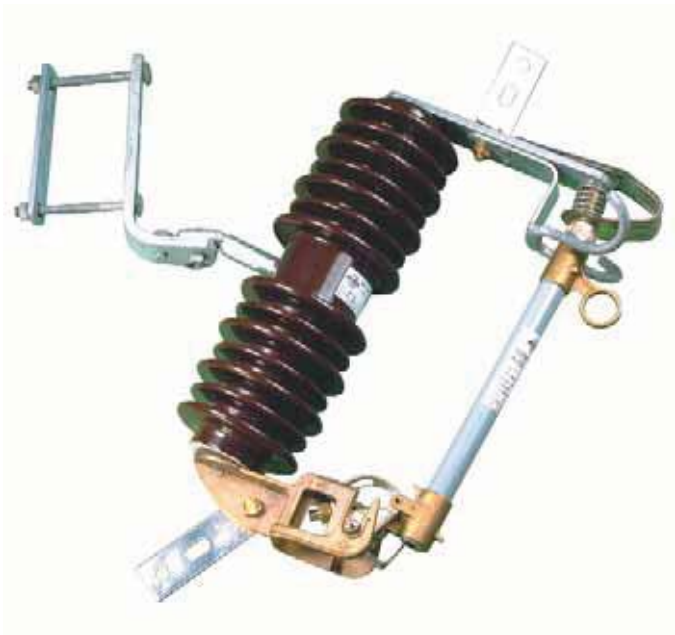
A-1200/36 and A-1200/36/GL types are the most adequate to be used in 30/36 kV overhead lines.

The A-1200/36/GL models are expulsion drop-out fuses with a bigger creepage distance insulator.

Les modèles A-1000 et A-1200 sont des coupe-circuits d'expulsion, aptes à être utilisés dans des systèmes de distribution de 15 et 24 kV respectivement et possèdent un seul isolateur.

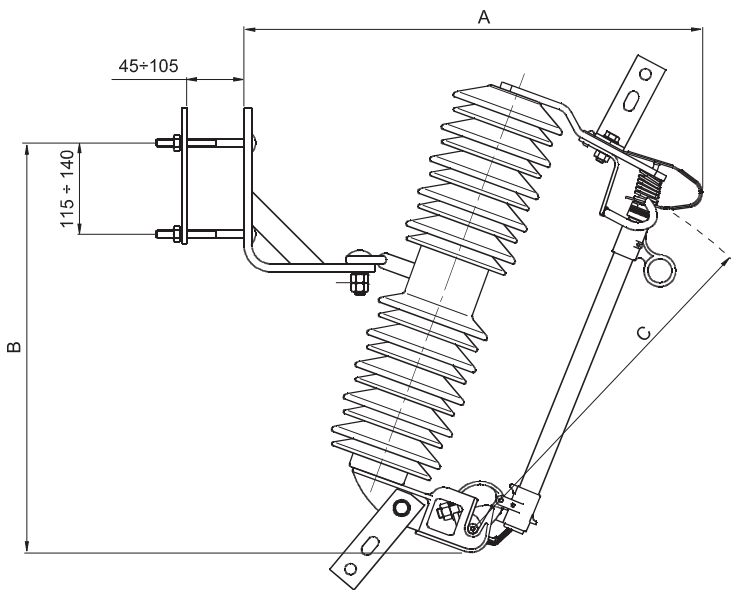
Les modèles A-1200/36 et A-1200/36/GL sont les mieux appropriés pour des systèmes de tension de 30/36 kV.

Les modèles A-1200/36/GL sont des coupe-circuits d'expulsion, montés sur un isolateur en porcelaine avec une plus grande ligne de fuite.



Dimensiones
Dimensions
Dimensions

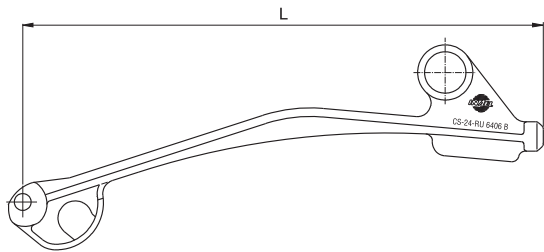
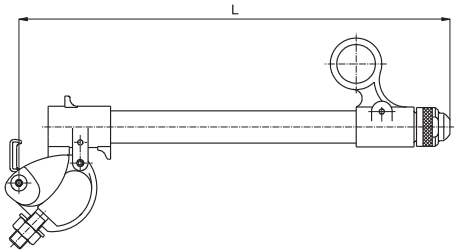
| Tipo Type Type | Código Code Code | Ur kV | Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm. | Dimensiones • Dimensions • Dimensions mm. | | | Peso Weight Poids kg |
|----------------------|------------------------|----------|---|--|-----|-----|-------------------------------|
| | | | | A | B | C | |
| A-1000 | 3A151000 | 15 | 300 | 420 | 450 | 275 | 9.4 |
| A-1200 | 3A241000 | 24 | 480 | 507 | 495 | 380 | 13.8 |
| A-1200/36 | 3A301000 | 36 | 744 | 600 | 570 | 468 | 14.8 |
| A-1200/36/GL | 3A3610GL | 36 | 860 | 600 | 570 | 468 | 15.1 |



A1200/36/GL

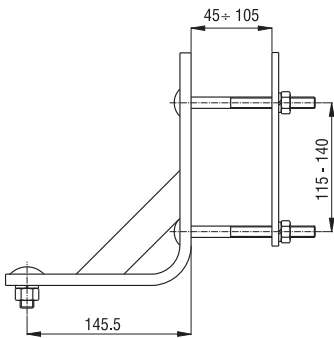


Portafusibles y cuchilla seccionadora
 Fuse-holder disconnecting blade
Porte-fusibles et sectionneurs



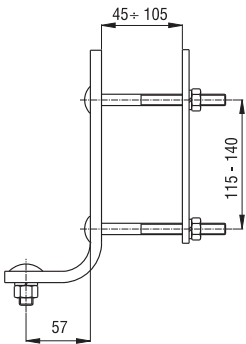
| Tipo Type Type | Código Code Code | Ur kV | Corriente máx. continua Max. continuous current Courant assigné A | L mm | Peso Weight Poids kg |
|---|------------------------|----------|--|---------|-------------------------------|
| Portafusibles Fuse holder Porte-fusibles | 3F151000 | 15 | 100 | 275 | 0.09 |
| | 3F241000 | 24 | 100 | 380 | 1.04 |
| | 3F361000 | 36 | 100 | 468 | 1.12 |
| Cuchilla seccionadora Disconnecting blade Sectionneur | 3G242000 | 24 | 200 | 380 | 1.04 |
| | 3G362000 | 36 | 200 | 468 | 1.12 |

Herrajes de fijación
 Mounting brackets
Ferrures de fixation



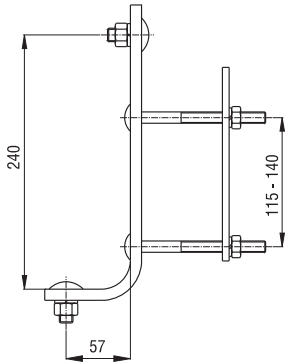
Ref.: IN-J90L

Montaje largo
 Long mounting
 Montage long



Ref.: IN-J90C

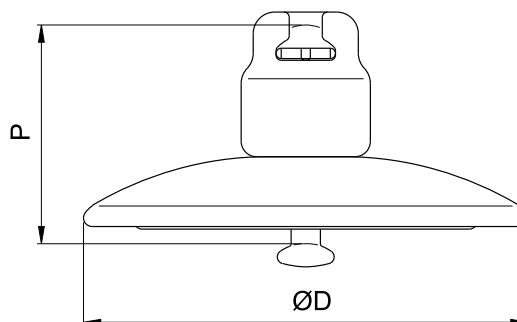
Montaje corto
 Short mounting
 Montage court



Ref.: IN-J90CA

Para Cut-Out y Pararrayos
 For Cut-out and Arresters
 Pour Cut-out et Parafoudres

Aisladores de vidrio
 Glass Insulators
 Isolateur en verre



Características
 Characteristics
 Caractéristiques

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm | Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120 | Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN | Peso Weight Poids Kg. | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|---|-----|--|--|---|--------------------------------|--|
| | P | D | | | | | |
| U 40 B | 110 | 175 | 190 | 11 | 40 | 1,7 | 9 |
| U 70 BS | 127 | 255 | 295 | 16 | 70 | 3,5 | 7 |
| U 70 BL | 146 | 255 | 295 | 16 | 70 | 3,5 | 7 |
| U 100 BS | 127 | 255 | 295 | 16 | 100 | 3,7 | 7 |
| U 120 B | 146 | 255 | 295 | 16 | 120 | 3,8 | 7 |

Aislador U40B
 Insulator U40B
 Isolateur U40B

| Nº unids. | A | B | C | D |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 75 | 88 | 50 | 32 |
| 2 | 150 | 160 | 90 | 55 |
| 3 | 210 | 230 | 130 | 80 |
| 4 | 270 | 300 | 165 | 100 |
| 5 | 315 | 370 | 200 | 12 |

Aislador U70, U100, U120
 Insulator U70, U100, U120
 Isolateur U70, U100, U120

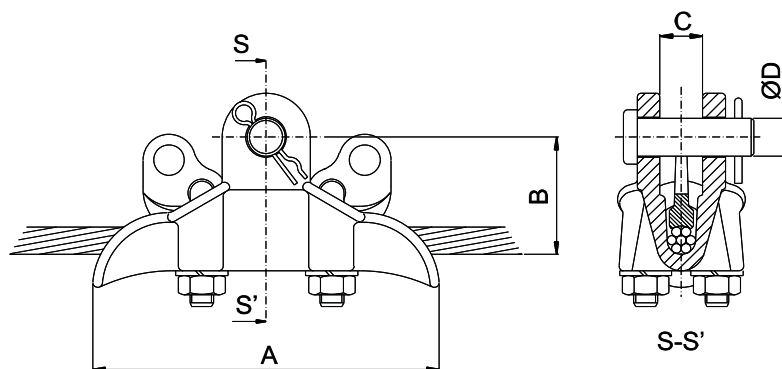
| Nº unids. | A | B | C | D |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 90 | 110 | 70 | 45 |
| 2 | 150 | 200 | 115 | 80 |
| 3 | 210 | 280 | 160 | 115 |
| 4 | 285 | 370 | 200 | 150 |
| 5 | 330 | 460 | 240 | 185 |

A- Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1.2/50µs
 B- Tensión al 50% de contorno a impulsos tipo rayo
 C- Tensión soportada a frecuencia industrial en seco.
 D- Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia.

A- Lightning impulse withstand voltage 1.2/50µs
 B- Lightning impulse flashover 50% voltage.
 C- Power frequency withstand voltage (dry)
 D- Power frequency withstand voltage (wet)

A- Tenue aux chocs de foudre 1.2/50µs
 B- Tenue à 50% de la déformation aux chocs de foudre.
 C- Tenue à fréquence industrielle à sec
 D- Tenue à fréquence industrielle sous pluie.

Grapas de suspensión GS
Suspension clamps GS
Pinces de suspension GS



Tipo, Dimensiones y pesos
Types, dimensions and weights
Type, dimensions et poids

| Tipo Type | Dimensiones. Dimensions. Dimensions | | | | Nº abarcones Nº U.bolts. Nº d'étriers | Par de apriete Torque of press Couple de serrage (daN.m) | Ø Conductor Ø wire Ø Conducteur mm | | Carga rotura. UTS. Charge de rupture kN | Peso aprox. Aprox. weight Poids aprox. kg | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|--|------|----|----|---|---|---|------|--|--|--|
| | A | B | C | D | | | Min. | Max. | | | |
| GS1 | 144 | 50 | 18 | 16 | 2xM10 | 1.5 | 5 | 12 | 28 | 0.50 | 40 |
| GS2 | 173 | 58 | 18 | 16 | 2xM12 | 3 | 12 | 17 | 48 | 0.88 | 30 |
| GS3 | 210 | 71.5 | 27 | 16 | 2xM12 | 4 | 17 | 23 | 70 | 1.18 | 30 |

* Bajo pedido se pueden suministrar con tornillo, tuerca y pasador, en lugar de bulón con pasador.

* Under order they can be given with screw, nut and through pin, instead of bolt with pin.

* Sur commande, elles peuvent être fournies avec vis, écrou et tarjette, au lieu d'un boulon avec tarjette.

Admisibilidad de conductores de grapas GA y GS
Admissibility of conductors for GA & GS clamps
Admissibilité de câbles pour pinces de pinces GA y GS

Tanto las grapas de amarre como las de suspensión están previstas para su utilización con conductores de aleación de aluminio o aluminio-acero, que pueden estar equipadas o no con varillas de protección. En las tablas siguientes se indican los diámetros máximos y mínimos del conductor, que puede incluir varillas de protección.

Both strain and suspension clamps are intended for its use with aluminium-steel conductors, either equipped or not with protective rods. In the next tables, the maximum and minimum acceptable conductor diameters (either alone or with protective rods) are shown for both types of clamps.

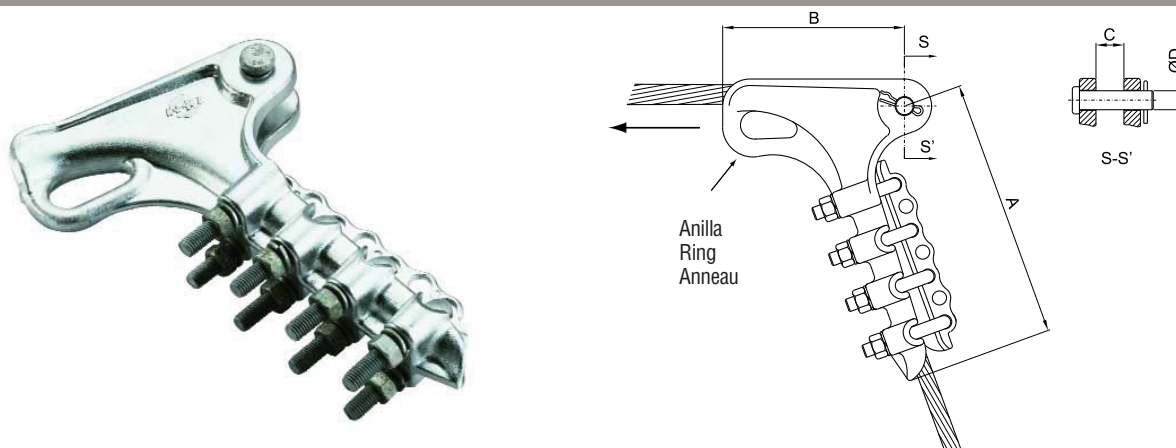
Aussi bien les pinces d'ancrage que celles de suspension sont prévues pour une utilisation avec des conducteurs en alliage d'aluminium ou d'aluminium-acier, qui peuvent être équipés ou non avec des tiges. Dans les tableaux suivants, sont indiqués les diamètres maximaux et minimaux du câble qui peut inclure des tiges de protection.

| Tipo Type | Ø min.- max. | Tipo conductor Type wire Type conducteur |
|--------------|-----------------|--|
| GS-1 | 5-12 | LA-30 LA-56 LA-78 |
| GS-2 | 12-17 | LA-110 LA-142 |
| GS-3 | 17-23 | LA-180 |

| Tipo Type | Ø min.- max. | Tipo conductor Type wire Type conducteur |
|--------------|-----------------|--|
| GA-1 | 5-10 | LA-30 LA-56 |
| GA-1/1 | 6-12 | LA-30 LA56 LA-78 |
| GA-2 | 10-16 | LA-78 LA-110 LA-145 |
| GA-3 | 16-20 | LA-180 |

Aisladores, grapas y herrajes para líneas aéreas
Insulators, clamps and hardware fittings for over head lines
Isolateurs, pinces et accessoires de chaînes pour lignes aériennes

Grapas de amarre GA
 Strain Clamps GA
 Pincas d'ancrage GA

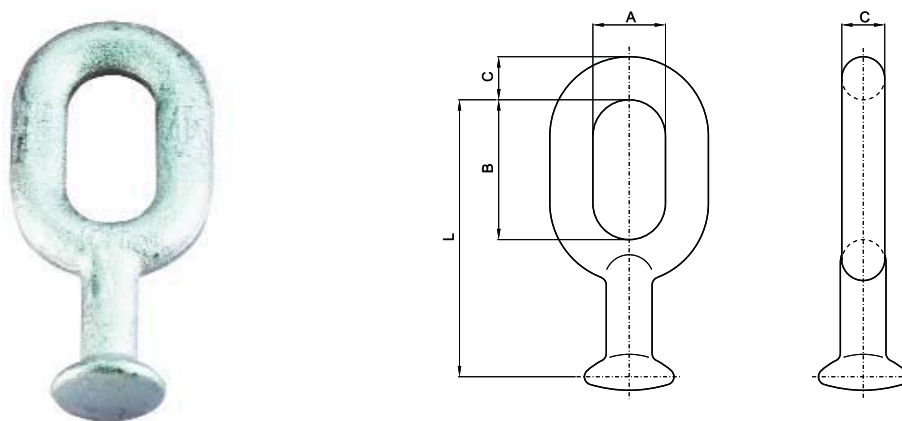


Tipo, Dimensiones y pesos
 Types, dimensions and weights
 Type, dimensions et poids

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | | | Nº abarcones Nº U.bolts. Nº d'étriers | Par de apriete Torque of press Couple de serrage daN.m | Ø Conductor. Ø wire. Ø Conducteur mm | | Carga rotura UTS. Charge de rupture kN | Carga de rotura de la anilla UTS the ring Charge de rupture de l'anneau kN | Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg | Uds/Caja Units/Box Unités/Cartron |
|--------------|---|-----|------|----|---|---|---|------|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | | | Min. | Max. | | | | |
| GA 1 | 100 | 78 | 18.5 | 16 | 2xM10 | 2 | 5 | 10 | 35 | 14,4 | 0.45 | 50 |
| GA1/1 | 110 | 124 | 20 | 16 | 2xM12 | 2 | 5 | 12 | 35 | 14,4 | 0.65 | 30 |
| GA 2 | 165 | 140 | 20 | 16 | 3xM12 | 3.5 | 10 | 16 | 60 | 22,7 | 1.10 | 30 |
| GA 3 | 240 | 170 | 22 | 16 | 4xM12 | 4.5 | 16 | 20 | 80 | 31 | 1.80 | 15 |

* Bajo pedido se pueden suministrar con tornillo, tuerca y pasador, en lugar de bulón con pasador.
 * Under order they can be given with screw, nut and through pin, instead of bolt with pin.
 * Sur commande, elles peuvent être fournies avec vis, écrou et tarjette, au lieu d'un boulon avec tarjette.

Anilla bola AB
 Ball eye AB
 Oeillet ovale à rotule AB



Características
 Characteristics
 Caractéristiques

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | | | Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60120 | Carga rotura UTS Charge de rupture kN | Peso Weight Poids aprox. kg | Uds/Caja Units/Box Unités/Cartron |
|---------------------|---|----|----|-----|---|---|--------------------------------------|---|
| | A | B | C | L | | | | |
| AB 11 | 19 | 40 | 13 | 78 | 11 | 69 | 0.18 | 100 |
| AB 16 | 27 | 52 | 16 | 103 | 16 | 110 | 0.44 | 50 |
| AB 16 (RU 6617C) | 27 | 52 | 16 | 103 | 16 | 180 | 0.44 | 50 |

Grillete Normal GN
Standard Shackle GN
Manille Normale GN

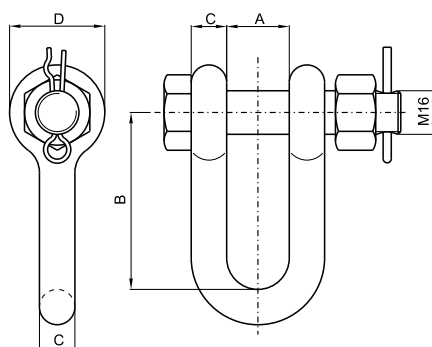


Fig. 1

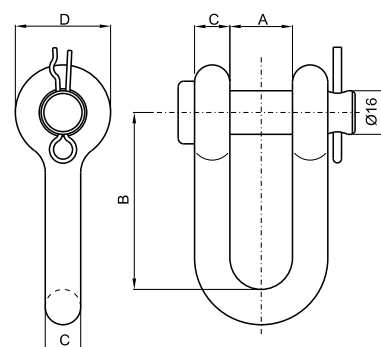


Fig. 2

Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | | | Carga rotura UTS Charge de rupture kN | Peso Weight Poids aprox. kg | Fig. | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|---------------|---|------|----|----|--|--------------------------------------|------|--|
| | A | B | C | D | | | | |
| GN | 23 | 65 | 13 | 35 | 75 | 0.32 | 2 | 50 |
| GN (RU 6617C) | 23 | 65 | 13 | 35 | 125 | | 2 | 50 |
| GN 16 | 30 | 68,5 | 16 | 33 | 100 | 0.52 | 2 | 50 |
| GNT | 23 | 65 | 13 | 35 | 125 | 0.36 | 1 | 50 |
| GNT 16 | 30 | 68,5 | 16 | 33 | 100 | 0.57 | 1 | 50 |

Grillete Revirado GR y GRT
Twisted Shackle GR and GRT
Manille à 90° GR et GRT

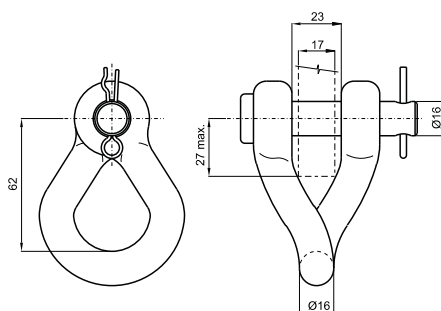


Fig. 3

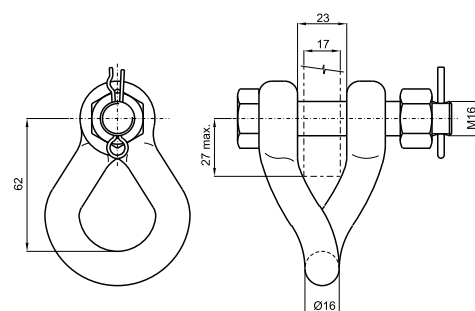
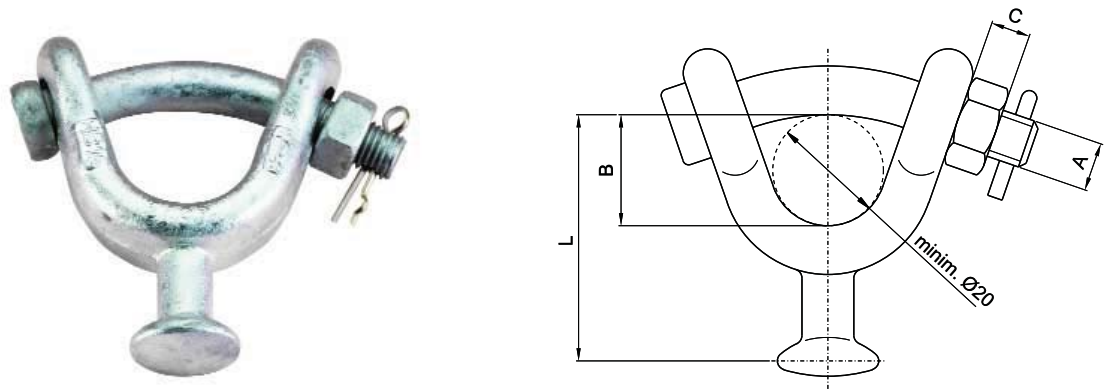


Fig. 4

Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN | Peso Weight Poids kg | Fig. | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|---|-------------------------------|------|--|
| GR | 120 | 0,65 | 3 | 50 |
| GRT | 120 | 0,70 | 4 | 50 |

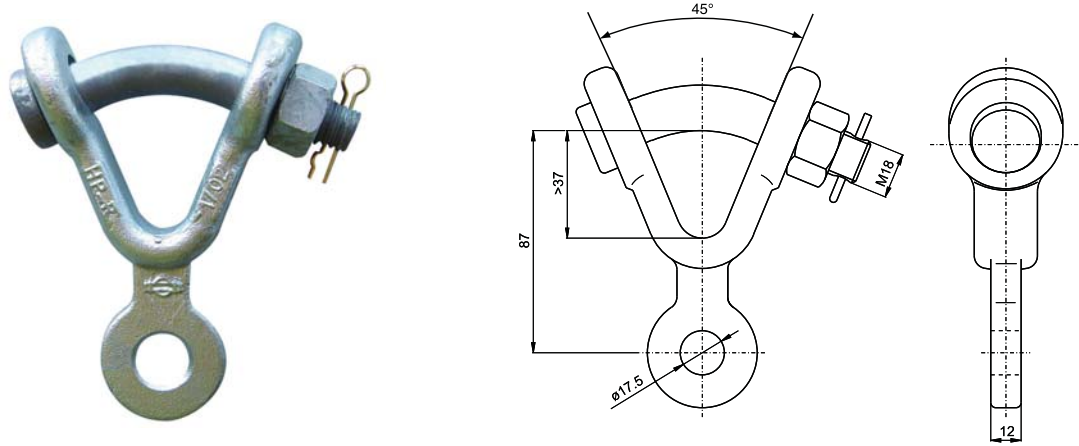
Horquilla bola HB
Ball Clevis HB
Oeillet à rotule HB



Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | | | Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60120 | Carga rotura UTS Charge de rupture kN | Peso Weight Poids aprox. kg | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|---------------------|---|----|----|---------------------|---|---|--------------------------------------|--|
| | A | B | C | L | | | | |
| HB 11 | M12 | 30 | 11 | 60 | 11 | 75 | 0.245 | 100 |
| HB 16 | M16 | 40 | 15 | 82 ^(max) | 16 | 100 | 0.750 | 25 |
| HB 16 (RU 6617C) | M16 | 40 | 15 | 82 ^(max) | 16 | 160 | 0.750 | 25 |

Horquilla Revirada HP-R
Clevis Eye HP-R
Oeillet Transversal du type HP-R



Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Carga rotura UTS Charge de rupture kN | Peso Weight Poids aprox. kg | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|--|--------------------------------------|--|
| HP-R | 120 | 0.80 | 25 |

Nuestros medios de investigación y ensayo facilitan la optimización de las características de nuestros productos.

Our research and testing facilities allow careful optimization of the characteristics of our products.

Nos moyens d'investigation et d'essais permettent que nos produits atteignent des caractéristiques optimales.

Alojamiento de rótula R
Socket eye R
Logement de rotule R

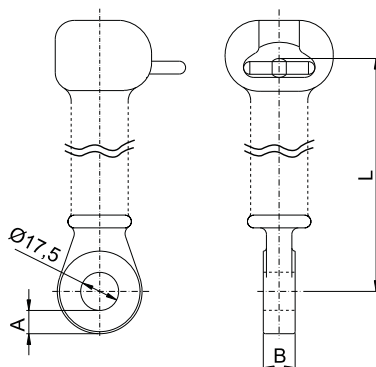


Fig. 5

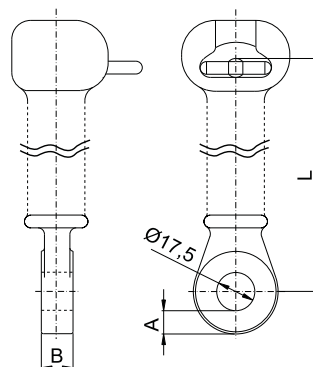


Fig. 6

En la fabricación de nuestros herrajes se utilizan aceros no aleados según UNE-EN 10083-1 galvanizados en caliente. Los herrajes INAEL están fabricados de acuerdo a las normas, RU6617C, CEI60120 y UNE 21009.

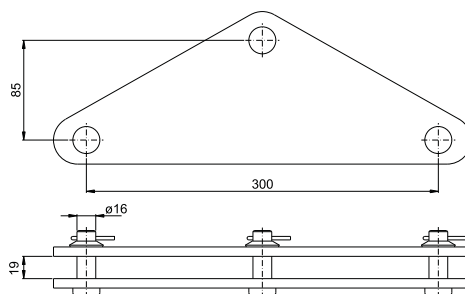
For the manufacture of all our fittings, we use unalloyed steel, according to UNE-EN 10083-1 hot dip galvanized. The INAEL's fittings are manufactured according to RU6617C, IEC60120 and UNE 21009.

Dans la fabrication de nos accessoires on utilise des aciers non alliés suivant la norme UNE-EN 10083-1 galvaniser á chaud. Les accessoires INAEL sont fabriquées selon les normes, RU6617C, IEC60120 et UNE 21009.

Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Dimensiones Dimensions Dimensions mm | | | Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120 | Carga de rotura U.T.S. Charge de rupture kN | Peso aprox. Aprx. weight Poids aprox. kg | Fig. | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|---|----|-------|--|--|---|------|--|
| | A | B | L | | | | | |
| R11 | 7 | 16 | 41,5 | 11 | 70 | 0,180 | 5 | 100 |
| R11P | 7 | 16 | 117 | 11 | 75 | 0,270 | 5 | 50 |
| R16 | 11 | 15 | 50,5 | 16 A | 110 | 0,510 | 6 | 50 |
| R16P | 11 | 15 | 110,5 | 16 A | 110 | 0,640 | 5 | 25 |
| R16A | 11 | 15 | 50,5 | 16 A | 140 | 0,510 | 6 | 50 |
| R16AP | 11 | 16 | 133 | 16 A | 160 | 0,64 | 5 | 25 |

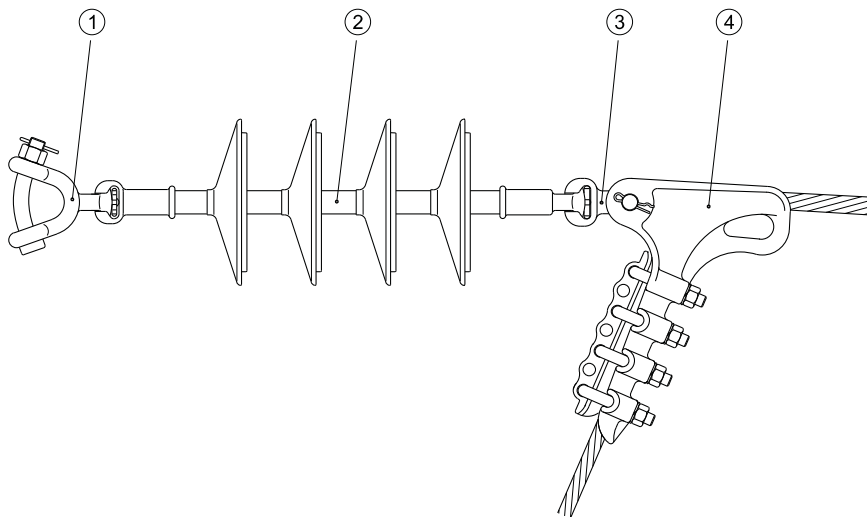
Yugo YG
Yoke YG
Palonnier YG



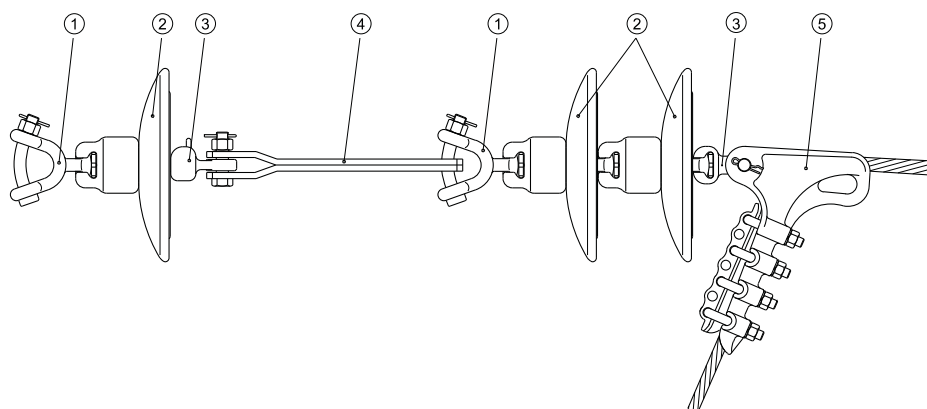
Características
Characteristics
Caractéristiques

| Tipo Type | Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN | Uds/Caja Units/Box Unités/Carton |
|--------------|---|--|
| YG | 140 | 6 |

Cadenas de amarre
 Strain chains
 Chaînes d'ancrage



- 1 - Horquilla Bola
 Ball clevis
Rotule à chape
- 2 - Aislador compuesto
 Composite insulator
Isolateur composite
- 3 - Alojamiento de rótula
 Socket eye
Accouplement de rotule
- 4 - Grapa de amarre
 Tension clamp
Pince d'ancrage



- 1 - Horquilla Bola .
 Ball clevis.
Rotule à chape
- 2 - Aislador de vidrio.
 Glass insulator
Isolateur en verre
- 3 - Alojamiento de rótula
 Socket eye
Accouplement de rotule
- 4 - Alargadera
 Extension link
Rallonge
- 5 - Grapa de amarre
 Tension clamp
Pince d'ancrage

Aplicación
Application
Application

La tensión asignada "Ur" de un pararrayos corresponde, por definición, a la tensión a frecuencia industrial (50/60 Hz) aplicada entre terminales de pararrayos durante 10 sg. en el ensayo de funcionamiento. Por otra parte, la tensión de funcionamiento continuo "Uc" de un pararrayos, designa la máxima tensión que, a frecuencia industrial, puede ser aplicada de forma continua y permanente entre los terminales del pararrayos, en servicio. El pararrayos se debe seleccionar de modo que la máxima tensión fase-tierra permanente en el sistema de distribución no exceda de la Uc del pararrayos.

La temperatura media en el lugar de instalación no debe superar los 40° C, mientras que la temperatura máxima no debe sobrepasar los 60° C. De no cumplirse estas condiciones, debe consultarse con INAEL.

The INAEL'S arrester rated voltage, "Ur" designates the voltage (50/60 Hz) applied across the arrester terminales during 10 sg. in the duty cycle test. In the other hand, the INAEL'S arresters arrester Maximum Continuous Operating Voltage (MCOV) "Uc" designates the maximum 50/60 Hz voltage that may be continuously applied across the arrester in service. Selection of the appropriate arrester rating is made on the basis that the maximum continuous voltage on the line does not exceed the (MCOV) "Uc" of the arrester.

The average temperature at the point of installation should not exceed 40° C, and the maximum temperature should not exceed 60° C. For applications continuously exceeding these temperatures, please, contact your nearest INAEL'S agent.

La tensión asignada Ur d'un parafoudre INAEL correspond, par définition, à la tension à fréquence industrielle (50/60 Hz) appliquée entre les terminaux de parafoudres pendant 10 sg, dans l'essai de fonctionnement.

D'autre part, la tension de fonctionnement continu "Uc" d'un parafoudre "INZ" désigne la tension maximale qui, à fréquence industrielle, peut être maintenue de façon continue et permanente entre les terminaux des parafoudres en service. Le modèle "INZ" doit être sélectionné de telle sorte que la tension maximale phase-terre qui se trouve dans le système de distribution, ne soit pas supérieure de Uc du parafoudre.

La température moyenne sur le lieu de l'installation ne doit pas dépasser les 40 °C, tandis que la température maximale ne doit pas dépasser les 60 °C. Si ces conditions ne sont pas requises, veuillez consulter votre représentant d'INAEL, le plus proche.

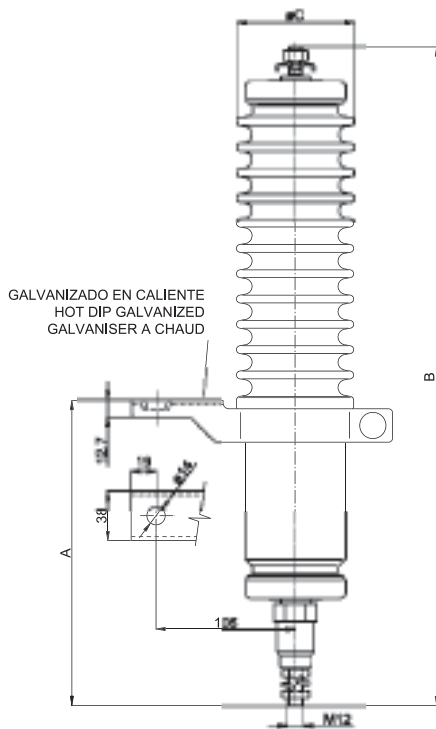
| Tipo Type Type | Ur kV (RMS) | Uc kV (RMS) | Ures max. al frente de la onda Max. equivalent (F.O.W.) Max. équivalent KV (crest) ⁽¹⁾ | Tensión residual (Ures) máxima con onda de corriente 8/20 µs Maximum discharge voltage using an 8/20 µs current impulse Tension résiduelle (Ures) maximale avec onde de courant 8/20 µs | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | 1,5 kA | 3 kA | 5 kA | 10 kA | 20 kA | 40 kA |
| INZP_ E INZ_ 10 | 3 | 2,55 | 10,6 | 8,3 | 8,7 | 9,2 | 9,9 | 11,1 | 13,1 |
| | 6 | 5,10 | 21,2 | 16,6 | 17,4 | 18,4 | 19,8 | 22,2 | 26,2 |
| | 9 | 7,65 | 31,8 | 24,9 | 26,1 | 27,6 | 29,7 | 33,3 | 39,3 |
| | 10 | 8,50 | 35,3 | 27,7 | 29,0 | 30,7 | 33,0 | 37,0 | 43,7 |
| | 12 | 10,20 | 42,4 | 33,2 | 34,8 | 36,8 | 39,6 | 44,4 | 51,7 |
| | 15 | 12,70 | 53,0 | 41,5 | 43,5 | 46,0 | 49,5 | 55,5 | 65,5 |
| | 18 | 15,30 | 63,6 | 49,8 | 52,2 | 55,2 | 59,4 | 66,6 | 78,6 |
| | 21 | 17,00 | 74,2 | 58,1 | 60,9 | 64,4 | 69,3 | 77,7 | 91,7 |
| | 24 | 19,50 | 84,8 | 66,4 | 69,6 | 73,6 | 79,2 | 88,8 | 104,8 |
| | 27 | 22,00 | 95,4 | 74,7 | 78,3 | 82,8 | 89,1 | 99,9 | 117,9 |
| | 30 | 24,40 | 105,9 | 83,1 | 87,0 | 92,1 | 99,0 | 111,0 | 131,1 |
| | 33 | 27,00 | 116,4 | 91,4 | 95,7 | 101,3 | 108,9 | 122,1 | 144,2 |
| | 36 | 29,00 | 127,0 | 99,7 | 104,4 | 110,4 | 118,8 | 133,2 | 157,3 |
| | 39 | 31,40 | 137,5 | 107,9 | 113,1 | 119,6 | 128,7 | 144,3 | 170,3 |
| | 42 | 34,00 | 148,1 | 116,2 | 121,8 | 128,8 | 138,6 | 155,4 | 183,4 |
| INZP_ E INZ_ 10/IS (Rise Pole) | 3 | 2,55 | 9,6 | 7,6 | 7,9 | 8,4 | 9,0 | 10,1 | 11,9 |
| | 6 | 5,10 | 19,3 | 15,1 | 15,8 | 16,7 | 18,0 | 20,2 | 23,8 |
| | 9 | 7,65 | 28,9 | 22,7 | 23,8 | 25,1 | 27,0 | 30,3 | 35,8 |
| | 10 | 8,40 | 32,1 | 25,2 | 26,4 | 27,9 | 30,0 | 33,7 | 39,8 |
| | 12 | 10,20 | 38,6 | 30,2 | 31,7 | 33,5 | 36,0 | 40,4 | 47,7 |
| | 15 | 12,70 | 48,2 | 37,8 | 39,6 | 41,9 | 45,0 | 50,5 | 59,6 |
| | 18 | 15,30 | 57,9 | 45,3 | 47,5 | 50,2 | 54,1 | 60,6 | 71,5 |
| | 21 | 17,00 | 67,5 | 52,9 | 55,4 | 58,6 | 63,1 | 70,7 | 83,4 |
| | 24 | 19,50 | 77,2 | 60,4 | 63,3 | 67,0 | 72,1 | 80,8 | 95,4 |
| | 27 | 22,00 | 86,8 | 68,0 | 71,3 | 75,3 | 81,1 | 90,9 | 107,3 |
| | 30 | 24,40 | 96,4 | 75,6 | 79,2 | 83,8 | 90,1 | 101,0 | 119,3 |
| | 33 | 27,00 | 105,9 | 83,2 | 87,1 | 92,2 | 99,1 | 111,1 | 131,2 |
| | 36 | 29,00 | 115,5 | 90,7 | 95,0 | 100,4 | 108,1 | 121,2 | 143,1 |

⁽¹⁾ Máxima tensión residual para un impulso de corriente de amplitud igual a 10 kA que produce una cresta en la onda de tensión de 0,5 µs

⁽¹⁾ The equivalent Front-of-Wave is the maximum discharge voltage for a 10 kA impulse current wave which produce a voltage wave cresting in 0,5 µs

⁽¹⁾ Tension résiduelle maximale pour un choc de courant d'une amplitude égale à 10 kA qui produit une crête dans l'onde de tension de 0,5 µs

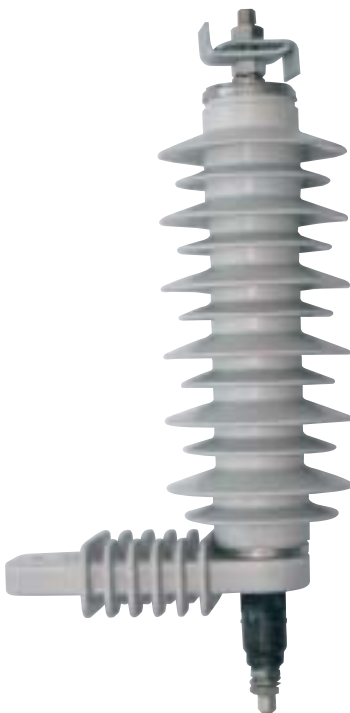
Dimensiones de pararrayos INZ
Dimensions for arresters INZ
Dimensions des parafoudres INZ



| Tipo Type | Ur kV | Dimensiones Dimensions mm | | | Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm | Peso Weight Pods kg |
|--------------|----------|---------------------------------|-----|-----|---|------------------------------|
| | | A | B | C | | |
| INZ 03 10 | 3 | 190 | 279 | 90 | 95 | 3,5 |
| INZ 06 10 | 6 | 194 | 321 | 90 | 163 | 4,5 |
| INZ 09 10 | 9 | 199 | 384 | 90 | 266 | 5,1 |
| INZ 10 10 | 10 | 199 | 384 | 90 | 266 | 5,1 |
| INZ 12 10 | 12 | 234 | 458 | 90 | 335 | 5,7 |
| INZ 15 10 | 15 | 253 | 516 | 90 | 404 | 6,4 |
| INZ 18 10 | 18 | 263 | 563 | 90 | 472 | 7,1 |
| INZ 21 10 | 21 | 268 | 607 | 90 | 541 | 7,8 |
| INZ 24 10 | 24 | 280 | 697 | 90 | 678 | 8,1 |
| INZ 27 10 | 27 | 280 | 697 | 90 | 678 | 8,4 |
| INZ 30 10 | 30 | 280 | 737 | 102 | 930 | 10,7 |
| INZ 33 10 | 33 | 280 | 737 | 102 | 930 | 11,1 |
| INZ 36 10 | 36 | 280 | 737 | 102 | 930 | 11,5 |

Pararrayos INZ
Arresters INZ
Parafoudre INZ

Pararrayos INZP
Arresters INZP
Parafoudre INZP



Terminal COLDFIT PCT, (exterior)

DESCRIPCIÓN

TERMINAL POLIMÉRICO DE EXTERIOR CONTRÁCTIL EN FRÍO, (hasta 18/30 kV)

HD 628 y HD 629

Ref. norma: IEEE 481996

Nivel máximo de tensión: 18/30 kV

COMPONENTES

1- CONTACTO METÁLICO:

Contacto metálico de Cu o Al Cu.

2- CUERPO AISLANTE:

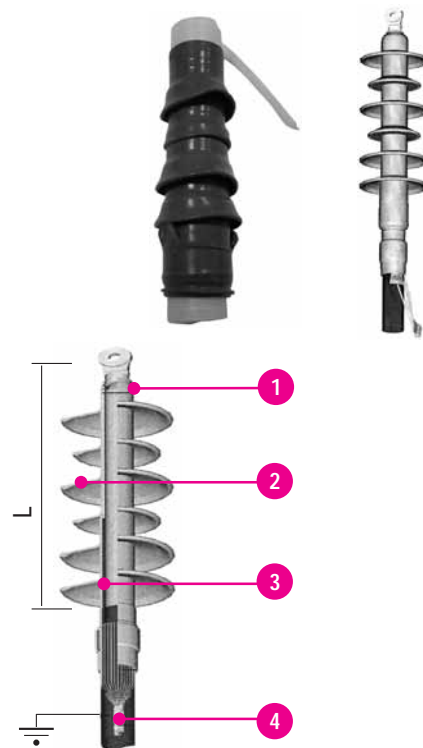
Fabricado con una formulación de goma de silicona de gran memoria elástica que ofrece una alta estanqueidad y óptimas características eléctricas.

3- REPARTIDOR LINEAL DE TENSIÓN INTEGRADO:

Tubo flexible de alta permitividad integrado en el cuerpo aislante del terminal que efectúa el control del campo eléctrico en la zona próxima al corte de la semiconductora externa del cable. Mientras se va extrayendo el soporte, el conjunto RLT+cuerpo aislante se contrae uniformemente sobre él y en la posición correcta. No son necesarias operaciones adicionales durante la instalación.

4- TOMA DE TIERRA:

Utilizando los propios hilos de la pantalla del cable.



CARACTERÍSTICAS

- Cubre una amplia gama de aplicaciones con un reducido número de modelos.
- Adaptable a cables de papel impregnado y a cables unipolares de aislamiento seco (PE, XLPE, EPR), con conductor de Cu o Al de hasta 18/30 kV.
- Máxima facilidad de instalación.
- No necesita herramientas especiales, aportación de calor, encintados o rellenos.
- Instalación vertical o inclinada.
- Se puede energizar inmediatamente después de su conexión a la línea.

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES (COLDFIT DE EXTERIOR)

| Modelo | Línea de fuga mínima (mm) | Longitud L (mm) |
|--------|---------------------------|-----------------|
| PCT 15 | 381 | 295 |
| PCT 25 | 578 | 368 |
| PCT 35 | 762 | 427 |

Terminal COLDFIT PCT, (exterior)

APLICACIÓN

Modelos según aplicación, (COLDFIT PCT de exterior)

| Sección mm ² | 6/10 kV RHZ1 | 8,7/15 kV RHZ1 | 12/20 kV | | 18/30 kV | |
|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | RHZ1 | HEPRZ1 | RHZ1 | HEPRZ1 |
| 50 | — | PCT 15-J1 | — | — | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 70 | PCT 15-J1 | PCT 15-J1 | PCT 25-J2 | — | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 95 | PCT 15-J1 | PCT 15-J1 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 120 | PCT 15-J1 | PCT 15-J2 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 150 | PCT 15-J2 | PCT 15-J2 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 185 | PCT 15-J2 | PCT 15-J2 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 240 | PCT 15-J2 | PCT 15-J2 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J2 | PCT 35-J2 |
| 300 | PCT 15-J2 | PCT 15-J2 | PCT 25-J2 | PCT 25-J2 | PCT 35-J4 | PCT 35-J4 |
| 400 | PCT 15-J2 | PCT 15-J2 | PCT 25-J4 | PCT 25-J4 | PCT 35-J4 | PCT 35-J4 |
| 500 | PCT 15-J4 | PCT 15-J4 | PCT 25-J4 | PCT 25-J4 | PCT 35-J4 | PCT 35-J4 |
| 630 | PCT 15-J4 | PCT 15-J4 | PCT 25-J4 | PCT 25-J4 | PCT 35-J4 | PCT 35-J4 |
| 800 | PCT 15-J4 | PCT 15-J4 | PCT 25-J4 | PCT 25-J4 | PCT 35-J4 | PCT 35-J4 |
| 1000 | PCT 15-J4 | PCT 15-J4 | PCT 25-J4 | PCT 25-J4 | — | — |

CRITERIOS DE DISEÑO (COLDFIT DE EXTERIOR)

Modelo de utilización recomendado

| Modelo | Diámetro sobre aislamiento cable (mm) | |
|-------------------|---------------------------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| Hasta 8,7 / 15 kV | | |
| PCT 15-J1 | 16,3 | 28,5 |
| PCT 15-J2 | 21,3 | 35,1 |
| PCT 15-J4 | 33 | 53,3 |
| Hasta 12 / 20 kV | | |
| PCT 25-J2 | 21,3 | 35,1 |
| PCT 25-J4 | 33 | 53,3 |
| Hasta 18 / 30 kV | | |
| PCT 35-J2 | 21,3 | 35,1 |
| PCT 35-J4 | 33 | 53,3 |

Para consulta de los diámetros sobre aislamiento en función de la sección y tensión, consultar páginas 41 y 65 para cables Eprotenax y Voltalene respectivamente.

HERSATENE (ENDESA) RHZ1-OL H-16

TENSIÓN: 12/20 kV



NORMAS

ENDESA DND001 - Norma constructiva

ENDESA SND013 - Norma constructiva

UNE-EN 50267 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases

IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases

CONSTRUCCIÓN

CONDUCTOR:

Aluminio, semirrígido clase 2

AISLAMIENTO:

Polietileno reticulado (XLPE)

PANTALLA:

Corona de hilos de cobre

CUBIERTA EXTERIOR:

Poliolefina termoplástica libre de halógenos

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Cables para distribución de energía para instalaciones de media tensión al aire, entubados y enterrados

Cubierta resistente a la abrasión y al desgarro. Mayor facilidad de deslizamiento

Cable libre de halógenos

Temperatura máxima en servicio permanente 90°C.



CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO SIN ENGRASAR, PARA LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN.



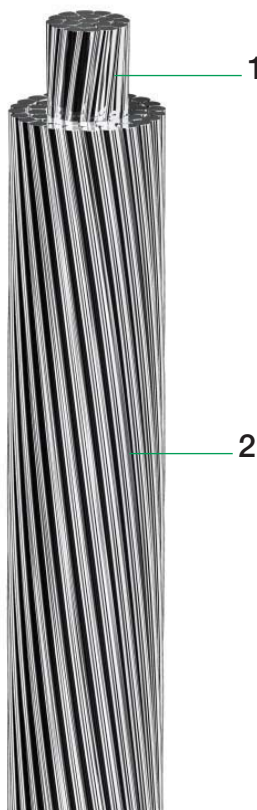
CONDUTORES DE ALUMÍNIO-AÇO SEM LUBRIFICAÇÃO, PARA LINHAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE MÉDIA E ALTA TENSÃO.

NORMAS / NORMAS:

UNE-21018
RECOMENDACIÓN / RECOMENDAÇÃO UNE 3403 B
CERTIFICADO CALIDAD/ CERTIFICADO DE QUALIDADE UNESA Nº 73

CONSTRUCCIÓN:

- 1.-
CUERDA ACERO.
- 2.-
ALAMBRES DE ALUMINIO.



CONSTITUIÇÃO:

- 1.-
CABO DE AÇO.
- 2.-
FIOS DE ALUMÍNIO.

APLICACIONES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Líneas aéreas de media y alta tensión.

APLICAÇÕES E CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS:

Linhas aéreas de média e alta tensão.

CONDUCTORES DE ALUMINIO-ACERO SIN ENGRASAR, PARA LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE MEDIA Y ALTA TENSIÓN.



CONDUTORES DE ALUMÍNIO-AÇO SEM LUBRIFICAÇÃO, PARA LINHAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE MÉDIA E ALTA TENSÃO.

| CÓDIGO | TIPO UNE | SECCIÓN | | EQUIVALENCIA EN COBRE | DIÁMETRO | | FORMACIÓN | | | | CARGA ROTURA | RESISTENCIA ELECTRICA A 20°C | PESO | MÓDULO DE ELASTICIDAD | COEFICIENTE DILATACIÓN LINEAL |
|---------|----------|----------|-------|-----------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|------|-------|------|-----------------------|-------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------------|
| | | ALUMINIO | TOTAL | | CUERDA ACERO | CONDUCTOR COMPLETO | ALUMINIO | | ACERO | | | | | | |
| CÓDIGO | TIPO UNE | SECÇÃO | | EQUIVALÊNCIA EM COBRE | DIÁMETRO | | CONSTITUIÇÃO | | | | CARGA DE ROTURA | RESISTÊNCIA ELÉCTRICA A 20° C | PESO | MÓDULO DE ELASTICIDADE | COEFICIENTE DILATAÇÃO LINEAR |
| | | ALUMÍNIO | TOTAL | | CABO DE AÇO | CONDUTOR COMPLETO | ALUMÍNIO | | AÇO | | | | | | |
| | | mm² | mm² | | mm² | mm | mm | Nº | Ø(mm) | Nº | Ø(mm) | da N | Ω/km | kg/km | da N mm² |
| T481300 | LA-30 | 26,7 | 31,1 | 17 | 2,38 | 7,14 | 6 | 2,38 | 1 | 2,38 | 990 | 1,0749 | 107,9 | 7900 | 19,1 |
| T481400 | LA-56 | 46,8 | 54,6 | 30 | 3,15 | 9,45 | 6 | 3,15 | 1 | 3,15 | 1640 | 0,6136 | 189,1 | 7900 | 19,1 |
| T481500 | LA-78 | 67,4 | 78,6 | 42 | 3,78 | 11,34 | 6 | 3,78 | 1 | 3,78 | 2310 | 0,4261 | 272,1 | 7900 | 19,1 |
| T481700 | LA-110 | 94,2 | 116,2 | 60 | 6,00 | 14,00 | 30 | 2,00 | 7 | 2,00 | 4310 | 0,3066 | 433 | 8000 | 17,8 |
| T481800 | LA-145 | 119,3 | 147,1 | 75 | 6,75 | 15,75 | 30 | 2,25 | 7 | 2,25 | 5410 | 0,2422 | 548 | 8000 | 17,8 |
| T481900 | LA-180 | 147,3 | 181,6 | 93 | 7,50 | 17,50 | 30 | 2,50 | 7 | 2,50 | 6390 | 0,1962 | 676 | 8000 | 17,8 |
| T482100 | LA-280 | 241,7 | 281,1 | 152 | 8,04 | 21,80 | 26 | 3,44 | 7 | 2,68 | 8450 | 0,1194 | 977 | 7500 | 18,9 |

| | LA-30 | LA-56 | LA-78 | LA-110 | LA-145 | LA-180 | LA-280 |
|--|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Longitud estándar / Comprimento normal (m) | 5000 | 3000 | 2000 | 2500 | 4000 | 3500 | 2500 |
| Tipo de bobina / Definição des bobinas | 81 | 51 | 51 | 54 | 58 | 58 | 58 |